STRONA INTERNETOWA EdW

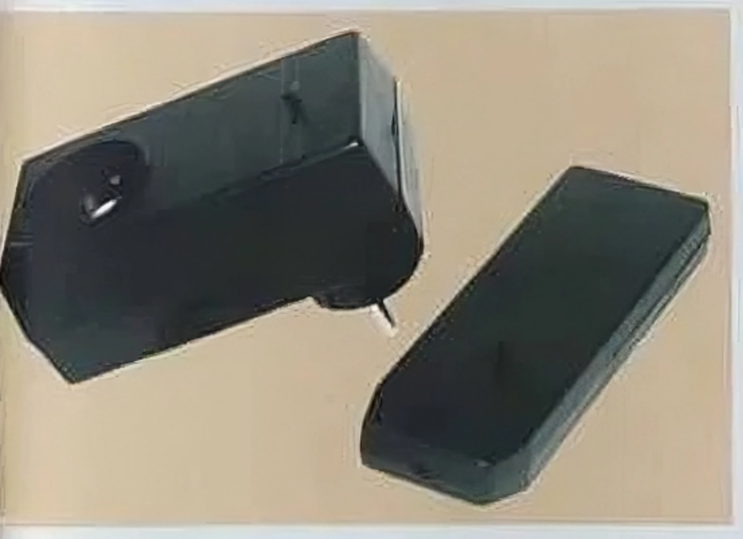
2/98

5 zł 40 gr

Luty 1998

ELEKTRONIKA dla wszystkich

SUBWOOFER



Forum czytelników

Listy od Piotra

INDEKS 333 62X ISSN 1425-1698

Wzmacniacz LM 3886

Konkurs na pająka

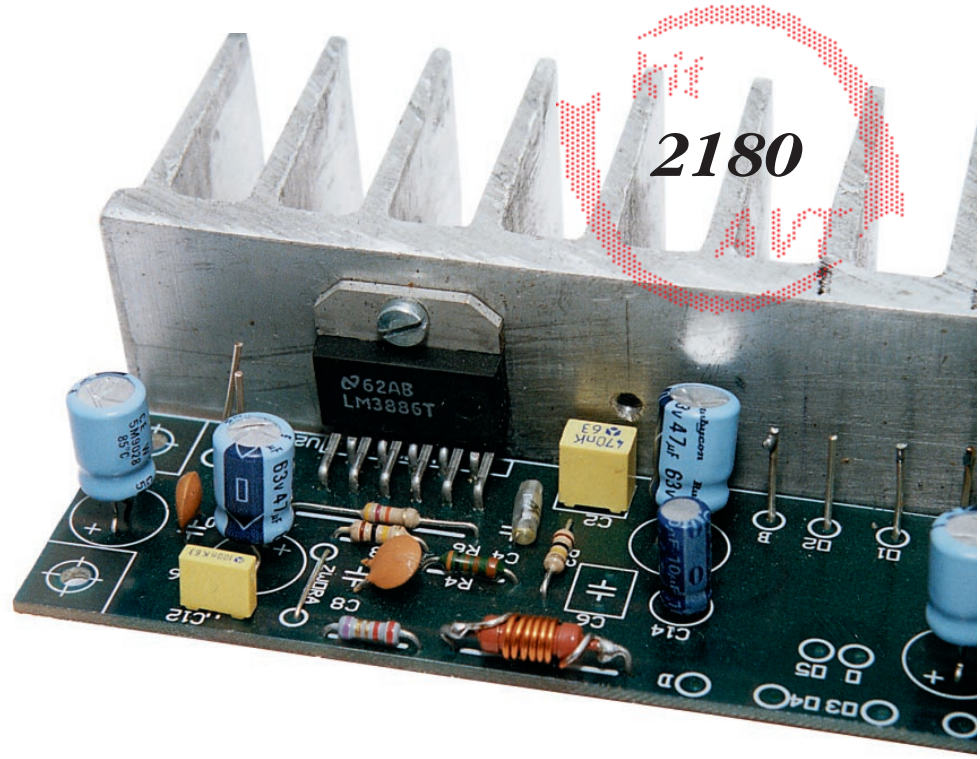
- Generator kwadraturowy
- Prosty zasilacz stabilizowany
- Uniwersalny przełącznik
- Wskaźnik wysterowania do kolumn
- Prosty diplekser 2m/70cm
- Tester aparatów telefonicznych

ELEKTRONIKA 2000

ISSN 1425-1698

9 771425 169979 02

Wzmacniacz mocy z układami LM3886



Nie słabnie zainteresowanie układami wzmacniaczy mocy audio. Zgodnie z zapowiedziami sprzed kilku miesięcy, kontynuujemy prezentację praktycznych układów takich wzmacniaczy. Dziś przedstawiamy opis stereofonicznego wzmacniacza dla bardziej wybrednych melomanów. Wzmacniacz wykonano z użyciem nowoczesnych i stosunkowo niedrogich układów scalonych LM3886 firmy National Semiconductor.

Moc szczytowa sięga 2 x 50...120W, zależnie od napięcia zasilającego i rezystancji obciążenia. Podczas prób modelu uzyskano moc ciągłą 2 x 75W. Poziom zniekształceń przy mocy wyjściowej jednego kanału wynoszącej 60W, wyniósł poniżej 0,1% co powinno zadowolić nawet bardziej wymagających melomanów.

Opisany wzmacniacz jest łatwy do wykonania, nie wymaga żadnej regulacji i w sumie jest to jeden z nielicznych układów dużej mocy, których wykonanie można polecić nawet mniej zaawansowanym amatorom.

Szczegółowe wskazówki podane są w dalszej części artykułu.

Opis układu

Schemat ideowy stereofonicznego wzmacniacza pokazany jest na **rysunku 1**. Jak widać, układ aplikacyjny dwóch układów scalonych LM3886 jest bardzo prosty. Niezależnie od tego, parametry wzmacniacza są bardzo dobre, a dodatkowo układ wyposażony jest w liczne cenne funkcje (zabezpieczenia termiczne zwarciowe i inne), a także w bardzo przydatny obwód wyciszania trzasków przy włączaniu i wyłączaniu napięcia zasilającego. Wszystko toest to możliwe dzięki nowoczesnym rozwiązaniom zastosowanym w konstrukcji układu scalonego LM3886.

Sam schemat aplikacyjny jest klasyczny. Dla początkujących podajemy podstawowe informacje.

Wzmocnienie napięciowe wyznaczone jest przez stosunek rezystancji odpowiednio R7, R3 oraz R8, R4 i wynosi około 30. Jest to typowa wartość wzmocnienia większości wzmacniaczy mocy. Tym samym do uzyskania pełnej mocy, na wejście trzeba podać z przedwzmacniacza sygnał o napięciu około 0,6Vsk czyli około 1,8V międzyszczytowo. W zasadzie wartość wzmocnienia można zmieniać w zakresie 20...50 (a nawet szerzej) przez dobór wymienionych rezystorów, ale w praktyce naprawdę nie ma takiej potrzeby.

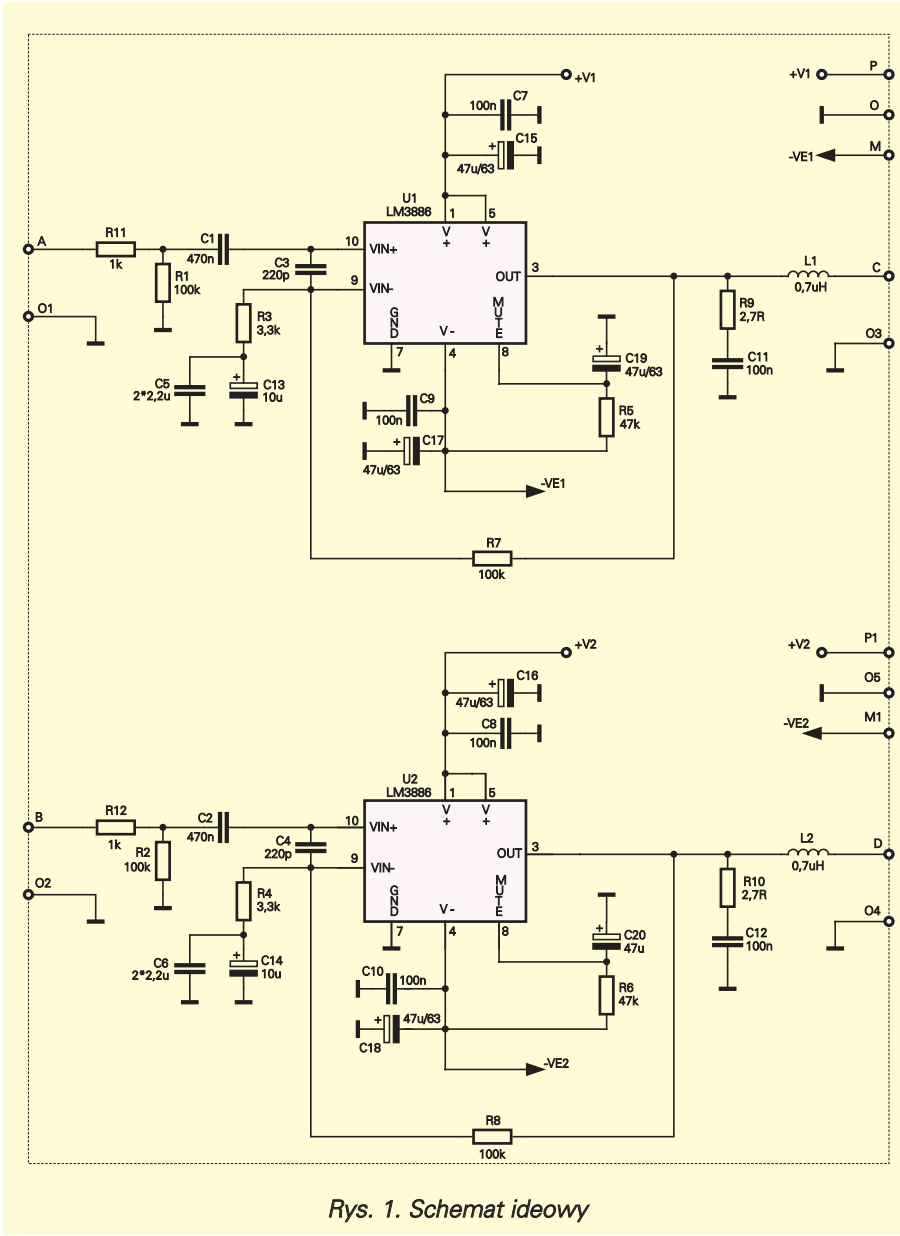
Wzmacniacz zasilany jest napięciem symetrycznym, dzięki czemu nie ma potrzeby stosować kondensatorów separujących na wyjściu. Głośnik dołączony jest do wyjścia wzmacniacza wprost przez dławik o znikomej indukcyjności 0,7µH. Wielu elektroników na widok dławika w układzie dostaje dreszczy, martwiąc się, jak wykonać taki nietypowy dławik. W tym wypadku nie trzeba mieć żadnych obaw – dławik tworzy kilka zwojów drutu nawiniętych na najzwyklejszym rezystorze.

Dławik zabezpiecza wzmacniacz przed wzbudzeniem od strony wyjścia. Podobną rolę od strony wejścia pełnią elementy R11, C3 oraz R12, C4. Rezystory R11, R12 pełnią jeszcze inną rolę zabezpieczającą.

Sprawa zabezpieczenia przed wzbudzaniem na wysokich, ponadakustycznych częstotliwościach jest bardzo ważna w praktyce, a bardzo często przemilczana w literaturze. Praktycy nierzadko przekonują się, że wzmacniacz działa bardzo dobrze na stole podczas prób, a potem z zupełnie nieznanych przyczyn w warunkach normalnego użytkowania albo ulega uszkodzeniu, albo wprowadza zniekształcenia niewiadomego pochodzenia. Często przyczyną są właśnie kwestie obciążenia: co dołączone jest do wyjścia, i co do wejścia. Tylko zupełnie początkujący są absolutnie nieświadomi problemu i sądzą, że głośnik 8-omowy to po prostu rezystancja 8Ω.

Jest to pogląd z gruntu błędny, choć trzeba lojalnie przyznać, że bardzo często pomiaru mocy wzmacniacza dokonuje się nie z głośnikiem, tylko z rezystorem 4, czy 8-omowym. Przede wszystkim trzeba pamiętać, że głośnik to w rzeczywistości cewka z rdzeniem ferromagnetycznym. A więc głośnik nie jest na pewno czystą rezystancją. Schemat zastępczy głośnika pokazany jest na **rysunku 2a** zawiera indukcyjność i rezystancję. Taki obwód tylko dla mniejszych częstotliwości ma wypadkową oporność (impedancję) zbliżoną do nominalnej (4Ω lub 8Ω). Schemat z rysunku 2a nie uwzględnia kilku dalszych czynników, między innymi rezonansu związanego z rezonansem mechanicznym.

Jak wiadomo, wraz ze wzrostem częstotliwości rośnie oporność (reaktancja) cewki. Trzeba pamiętać, że dla uzyskania dobrych parametrów dynamicznych, w tym małych zniekształceń nieliniowych i intermodulacyjnych, wzmacniacz musi



Rys. 1. Schemat ideowy

być bardzo szybki, czyli jego pasmo przenoszenia powinno być jak najszersze – sięgać setek kiloherców lub nawet pojedynczych megaherców. I rzeczywiście, tak szerokie jest pasmo wielu współczesnych wzmacniaczy. W takiej sytuacji koniecznie trzeba uwzględnić, jak wygląda sytuacja w zakresie takich częstotliwości. Niczego tu nie zmienia fakt, że sygnały akustyczne sięgają częstotliwości co najwyżej 20kHz.

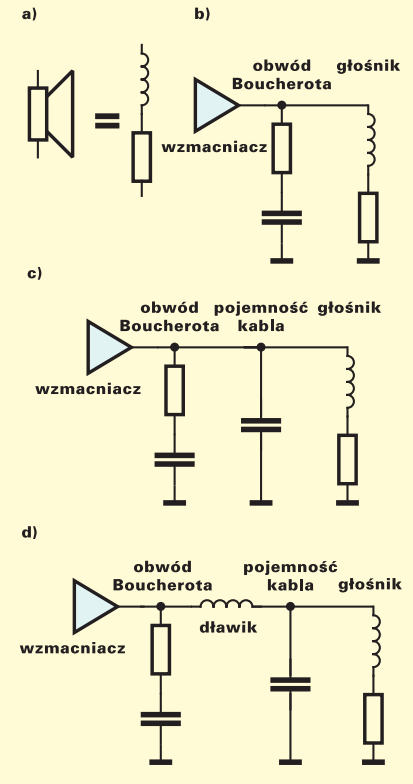
Jak łatwo wywnioskować z rysunku 2a, dla wspomnianych wysokich częstotliwości głośnik przedstawia sobą dużą reaktancję indukcyjną. Tymczasem wiele wzmacniaczy nie znosi dobrze takiego indukcyjnego obciążenia przy wysokich częstotliwościach. Wzmacniacze takie mają tendencję do samowzbudzenia właśnie z powodu dużej reaktancji indukcyjnej na wysokich częstotliwościach. Dla wyeliminowania niebezpieczeństwa dodaje się więc na wyjściu wzmacniacza tak zwany obwód Boucherota – szeregowy obwód RC. W omawianym właśnie układzie wzmacniacza dwa obwody Boucherota to elementy R9, C11 oraz R10, C12. Tu sytuacja jest odwrotna niż w głośniku: przy mniejszych częstotliwościach niewielki kondensator (100nF) ma dużą reaktancję pojemnościową – przykładowo przy częstotliwości 20kHz jeszcze prawie 80Ω. Przy większych częstotliwościach reaktancja ta jest jeszcze mniejsza i tym samym wypadkowa oporność obwodu RC jest coraz bliższa rezystancji (2,7Ω). Tym samym wzmacniacz także przy tych ponadakustycznych częstotliwościach jest prawidłowo obciążony niewielką opornością (bliską wartości R9 i R10). **Rysunek 2b** przedstawia obwód obciążenia wyjścia wzmacniacza głośnikiem i obwodem Boucherota

Ale to jeszcze nie koniec.

Sytuacja z rysunku 2b jest prawdziwa tylko wtedy, gdy głośnik dołączony jest wprost do wyjścia wzmacniacza (co ma miejsce na przykład podczas prób). W rzeczywistości wzmacniacz jest połączony z głośnikiem za pośrednictwem kilku, czy kilkunastometrowego kabla. Taki kabel ma pewną pojemność między żyłami, rzędu kilkudziesięciu do kilkuset pikofaradów, a nawet do 1nF. W efekcie wprost do wyjścia wzmacniacza dołączona jest znaczna pojemność – pokazuje to **rysunek 2c**. Początkujący elektronicy zapewne nie wiedzą, że wszelkie wzmacniacze nie lubią być obciążane czystą pojemnością – jest to ważny temat, ale dość trudny do wyjaśnienia, bo należałoby omówić kwestie spadku wzmocnienia i przesunięć fazowych w całym wzmacniaczu. W tej chwili wystarczy informacja, że wiele wzmacniaczy obciążonych na wyjściu „żywą pojemnością" po prostu się wzbudzi.

Znów należy zauważyć, że sytuacja taka zwykle nie występuje podczas prób w laboratorium, tylko dopiero w warunkach normalnego użytkowania. W efekcie wzmacniacz, który na testach zachowywał się nienagannie, może potem wykazywać niedopuszczalnie wysoki poziom szumów i zniekształceń, wywołanych samowzbudzeniem na wysokich, niesłyszalnych częstotliwościach. Elektronik nieświadomy problemu odłączy wzmacniacz, zbada go w laboratorium... i nigdy nie znajdzie przyczyny wadliwego działania.

Aby zapobiec jakim niespodziankom, w licznych wzmacniaczach stosuje się na



Rys. 2. Obwody zabezpieczające wyjście

wyjściu szeregową cewkę – niewielki dławik, który oddziela wspomnianą pojemność kabla od wyjścia wzmacniacza. Układ zastępczy wygląda wtedy tak, jak na rysunku 2d.

Takie właśnie środki bezpieczeństwa zastosowano w omawianym układzie – dławiki L1, L2 z rysunku 1 oddzielają wyjście wzmacniacza od pojemności kabla.

Szczerze mówiąc, to też jeszcze nie wszystkie zagrożenia dla wyjścia wzmacniacza: należy pamiętać, że przy znacznych prądach, na indukcyjnościach (nawet na indukcyjnościach wyprowadzeń i ścieżek) indukują się napięcia, niekiedy o znacznych wartościach. W czasie włączania i wyłączania, prądy mogą płynąć zupełnie niespodziewanymi drogami i niekiedy stanowić zagrożenie dla układu scalonego.

Oddzielnym i jeszcze trudniejszym tematem jest kwestia zabezpieczenia przed samowzbudzeniem od strony wejścia. Wchodzą tu w grę liczne czynniki i temat ten jest bardzo trudny do analizy. Doświadczeni praktycy wiedzą, że i tu można natknąć się na przykre niespodzianki. Generalnie zalecaną drogą ratunku jest wprowadzenie szeregowego rezystora w obwodzie wejścia wzmacniacza. Dość często, ale nie zawsze, zaleca się zwarcie nóżki wejścia (nieodwracającego) wzmacniacza do masy z pomocą niewielkiego kondensatora. Powstały w ten sposób obwód RC może dodatkowo pełnić rolę filtra, nie dopuszczającego na wejście wzmacniacza sygnałów o zbyt wysokiej częstotliwości.

W sumie mamy tu do czynienia z nieprzezwyciężoną sprzecznością: z jednej strony dla osiągnięcia jak najlepszych parametrów pożądane jest maksymalne poszerzenie pasma i zwiększenie szybkości układu. Z drugiej strony takie poczynania zwiększają niebezpieczeństwo samowzbudzenia i należałoby ograniczać pasmo i zmniejszać szybkość wzmacniacza.

Często bywa tak, że konstruktor wzmacniacza oczekuje, że jego wzmacniacz będzie miał bardzo szerokie pasmo i będzie bardzo szybki, a tym samym zapewni rewelacyjną jakość dźwięku. Później, gdy pojawią się kłopoty z samowzbudzeniem, tenże konstruktor doprowadzony do rozpaczy, gotów jest znacznie ograniczyć pasmo, nawet do 20kHz, byle tylko wzmacniacz się nie wzbudzał. Autor spotkał się z takimi sytuacjami, zwłaszcza dawniej, przy konstruowaniu wzmacniaczy z elementów dyskretnych. Obecnie, gdy powszechnie stosujemy układy scalone, problem stracił nieco swą ostrość, ale występuje nadal. Niektóre konstrukcje scalonych wzmacniaczy są bardzo odporne, nie wzbudzają się chętnie. Oprócz typowego wzbudzenia występują także inne niespodzianki, jak na przykład... eksplozja obudowy wzmacniacza mocy (na co Autor natknął się w przypadku kostek TDA1514). Co najgorsze, nie wiadomo, co jest przyczyną – po takiej katastrofie niczego nie można już stwierdzić, ale zachodzi podejrzenie, iż przyczyną albo jest jakieś paskudne wzbudzenie, albo jest to efekt jakichś błędów w produkcji. W grę może tu wchodzić wiele czynników i przyczyn, których nie sposób omówić. O ile eksplozje układów scalonych zdarzają się bardzo rzadko, o tyle różne samowzbudzenia występują znacznie częściej, czasem wskutek błędów niedoświadczonego konstruktora (np. błędne prowadzenie masy), czasem wskutek braku wyczerpujących wskazówek w katalogu.

W każdym razie niech to będzie kolejna przestroga dla nowicjuszy, którzy porywają się na budowę potężnych, kilkusetwatowych wzmacniaczy.

Niespodzianek takich nie powinno być przy budowie opisywanego układu z kostkami LM3886.

A oto dalsze objaśnienia roli elementów układu z rysunku 1.

W układzie zastosowano kondensatory separujące w obwodzie ujemnego sprzężenia zwrotnego – są to elementy C5, C13 oraz C6, C14. Elementów tych mogłoby wcale nie być – można je zastąpić dwoma zworami. Jedynym efektem byłoby niewielkie zwiększenie spoczynkowych napięć stałych na wyjściu i tym samym nieznaczne zwiększenie prądu spoczynkowego przepływającego przez głośniki (o kilka miliamperów, a w najgorszym przypadku o kilkadziesiąt miliamperów). Teoretycznie napięcia te powinny być dokładnie równe zeru, czyli wyjścia obu kostek powinny mieć potencjał masy. W praktyce każdy rzeczywisty wzmacniacz ma jakieś drobne odchyłki i napięcie to nie jest równe zeru. Dla wygody, w katalogach podaje się wartość nie wyjściowego, tylko wejściowego napięcia niezrównoważenia (Input Offset Voltage). Dla kostki LM3886 wynosi ono typowo 1mV (max 10mV). Stałe napięcie niezrównoważenia na wyjściu można obliczyć mnożąc wejściowe napięcie niezrównoważenia przez współczynnik wzmocnienia stałoprądowego. Gdyby kondensatory C5, C6 były zwarte, wzmocnienie stałoprądowe byłoby równe zmiennoprądowemu (R7/R3 +1). Przy obecności wymienionych kondensatorów wzmocnienie stałoprądowe jest równe 1, a tym samym wyjściowe napięcie niezrównoważenia nie będzie większe niż 10mV (czyli przez głośniki nie połynie w spoczynku prąd stały większy niż 10mV/Rgł).

Obecność elementów C1, C2, R1, R2 nie wymaga komentarza. Podobnie kondensatory C7...C10 i C15...C18 odsprzęgające są typowe dla wszystkich wzmacniaczy.

Odrobiny uwagi wymaga natomiast obecność obwodów R5C19 oraz R6C20. Współpracują one z wewnętrznym obwodem wyciszania. Gwarantują opóźnienie przy włączenia zasilania, co skutecznie zapobiega stukom w głośnikach, tak charakterystycznym dla starszych wzmacniaczy. Kiedyś dla wyeliminowania tego zjawiska trzeba było stosować zewnętrzne obwody z przekaźnikami włączanymi po ustabilizowaniu się warunków pracy wzmacniacza i przedwzmacniacza. Obecnie wszystkie nowsze kostki wzmacniaczy mocy mają taką funkcję wbudowaną w układ – inną sprawą jest skuteczność takich zabezpieczeń. Często bywa tak, że owszem, obwód opóźnia włączenie, ale jest zupełnie nieskuteczny przy wyłączaniu zasilania. W przypadku kostki LM3886 wewnętrzne obwody zapewniają skuteczne wyciszanie zarówno przy włączaniu, jak i przy wyłączaniu.

Przy wyłączaniu zasilania układ test wyciszany wcześniej, niż napięcie zasilające zdąży spaść do wartości bliskich zeru.

Czas opóźnienia przy włączaniu jest określony przez stałą czasową RC obwodu dołączonego do nóżki 8 i może być dobierany według potrzeb. Należy jednak zauważyć, że nie można nadmiernie zwiększać wartości rezystorów R5 i R6. Rzecz w tym, że do właściwej pracy wzmacniacza prąd płynący przez te rezystory nie może być mniejszy niż 0,5mA, bo w sygnale wyjściowym pojawią się ogromne zniekształcenia. Prąd płynący przez te rezystory zależy od (ujemnego) napięcia zasilającego, więc wartość tego rezystora nie może być większa niż wyliczona z poniższego wzoru.

R5 = R6 < (|-Uzasl – 2,6V) / 0,5mA

W modelu zastosowano rezystory R5 i R6 o wartości zgodnej ze schematem – 47kΩ. Natomiast w zestawie AVT-2180 przewidziano rezystory o mniejszej wartości – 20kΩ, umożliwiające pracę także przy niższych napięciach zasilających (już od ±12V). W razie potrzeby zwiększenia czasu opóźnienia włączania, na przykład przy współpracy z przedwzmacniaczem o długich czasach stanów nieustalonych, trzeba więc zwiększać pojemności C19 i C20.

LM3886 i jego krewni

Układ scalony LM3886 jest wykonany w technologii bipolarnej. Tranzystory wyjściowe są zabezpieczone skomplikowanymi obwodami chroniącymi przed uszkodzeniem zarówno wskutek przegrzania, jak i przeciążenia. Producent szeroko opisuje zalety zastosowanego systemu ochrony, zwanego SPiKe i zapew-

nia o pełnej skuteczności tego systemu zabezpieczenia. Dla Czytelników EdW szczegóły nie są najważniejsze – w każdym razie układ scalony wyposażony jest w szereg zabezpieczeń.

Czytelnicy nieodmiennie dopominają się o parametry układu – patrz **tabela 1**.

Tabela 1

Maksymalne napięcie zasilające:	
bez sygnału:	94V (±47V)
podczas pracy:	84V (±42V)
Prąd spoczynkowy:	typ 50mA, max 85mA
Ciągła moc wyjściowa:	
(±28V 4Ω):	68W
(±28V 8Ω):	38W
(±35V 8Ω):	50W
Szczytowa moc wyjściowa:	135W
Zniekształcenia nieliniowe (60W, 4Ω):	0,03%
Zniekształceniaintermodulacyjne 60Hz, 7kHz, 1:1 SMPTE):	0,009%
Prąd polaryzacji wejść:	typ. 0,2µA max 1µA
Dopuszczalne różnicowe napięcie wejściowe:	60V
Szybkość zmian napięcia wyjściowego:	typ 19V/µs
Maksymalny prąd wyjściowy:	typ. 11,5A min. 7A
Poziom szumów na wejściu (filtr A, Rs=600Ω):	typ. 2µV max 10µV
Stosunek sygnał/szum	
(1W, filtr A, 1kHz, Rs=25Ω):	typ. 92,5dB
(60W, filtr A, 1kHz, Rs=25Ω):	typ 110dB
Rezystancja termiczna:	
Rthjc:	1K/W
Rthja:	43K/W
Zalecany zakres napięć zasilających:	20...84V (±10...±42V)

Na **rysunkach 3...8** pokazano najważniejsze charakterystyki układu.

Warto zauważyć, że w przypadku omawianej kostki podawana moc wyjściowa rzędu 50...80 watów jest jak najbardziej możliwa do uzyskania w praktycznych warunkach. Pozwala na to zarówno duże dopuszczalne napięcie zasilające (94V), jak i duży prąd wyjściowy (do ponad 11A).

Niewielkie zniekształcenia z pewnością zadowolą słuchaczy.

Ważną sprawą praktyczną jest dobór radiatora. Jak wynika z **rysunków 4** i **5**, moc strat jednego układu może przekraczać 40W. Wymaga to zastosowania solidnego radiatora o rezystancji termicznej rzędu 2K/W dla każdej z kostek, czyli w żadnym wypadku nie wystarczy tu kawałek blachy aluminiowej.

Dodatkowym utrudnieniem może być fakt, że metalowa wkładka radiatorowa jest połączona z końcówką 4 czyli minusem zasilania. Jeśli ktoś chciałby odizolować radiator od układu scalonego, musi zastosować przekładkę mikową lub silikonową, co znacznie zwiększy rezystancję termiczną (nawet o 0,5...0,8K/W).

Ponieważ dokładne obliczenie radiatora nie jest sprawą prostą, Czytelnicy EdW powinni zastosować możliwie duże radiatory. Za mały radiator na pewno nie stanie się przyczyną uszkodzenia kostki – co najwyżej w kulminacyjnym momencie pracy... wzmacniacz wyłączy się sam na kilka minut.

Warto wiedzieć, że układ LM3886 może być również zasilany pojedynczym napięciem. Układ aplikacyjny podany jest na **rysunku 9**.

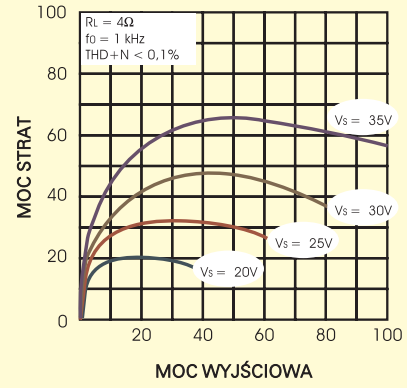
Oprócz kostki LM3886 firma National Semiconductor produkuje układy LM2876 oraz LM3876, mające identyczny układ wyprowadzeń i taki sam schemat aplikacyjny (drobna różnica w roli końcówki 5 niczego nie zmienia). Mogą więc być stosowane w opisywanym układzie baz jakichkolwiek zmian, z tym że uzyskane moce wyjściowe będą mniejsze.

Podstawowe różnice w parametrach zostały przedstawione w **tabeli 2**.

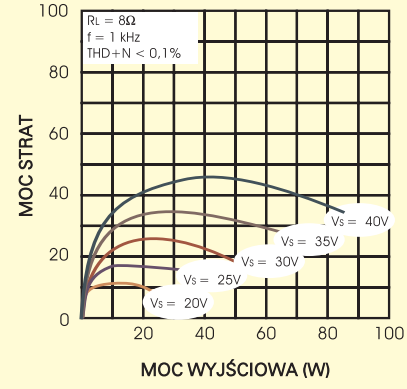
W niektórych przypadkach moc wyjściowa może być taka sama – zależy to od napięcia zasilającego, rezystancji obciążenia oraz od zastosowanego radiatora. Bardziej zaawansowani Czytelnicy potrafią to ocenić lub obliczyć – powyższe dane z powodzeniem do tego wystarczą.

Tabela 2

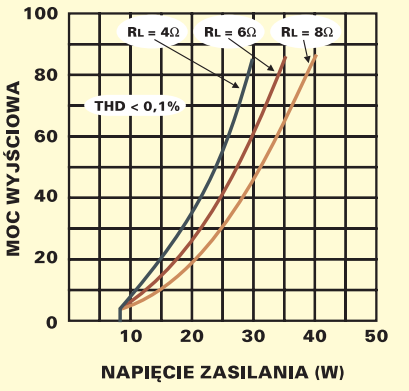
	LM2876	*LM3876*	*LM3886*
Maksymalne napięcie zasilające:	70V/72V	84V/94V	84V/94V
Moc wyjściowa:	40W/8Ω	56W/8Ω	68W
Maksymalny prąd wyjściowy:	typ. 4A	typ. 6A	typ. 11,5A
Rezystancja termiczna Rthjc:	1K/W	1K/W	1K/W
Zalecany zakres napięć zasilania:	20...60V	24...84V	20...84V



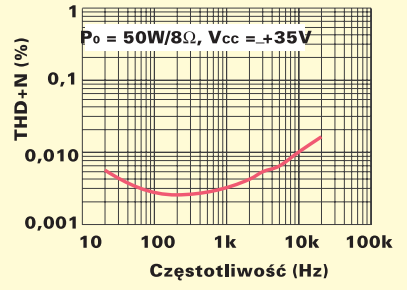
Rys. 3. Moc wyjściowa w funkcji napięcia zasilania



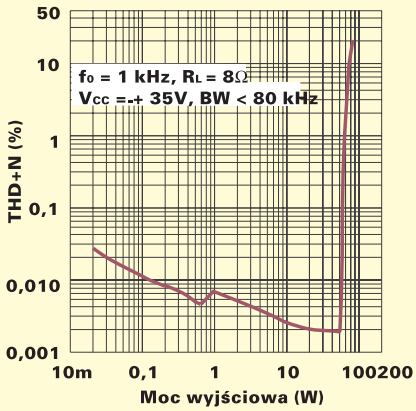
Rys. 4. Moc strat dla obciążenia 4Ω



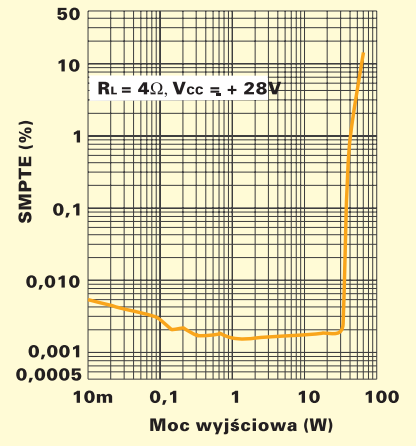
Rys. 5. Moc strat dla obciążenia 4Ω



Rys. 6. Zniekształcenia nieliniowe w funkcji częstotliwościowej



Rys. 7. Zniekształcenia nieliniowe w funkcji mocy wyjściowej



Rys. 8. Zniekształcenia intermodulacyjne

Montaż i uruchomienie

Układ wzmacniacza stereofonicznego można zmontować na płytce pokazanej na rysunku 10. Montaż nie sprawi trudności. Nie ma tu żadnych podzespołów szczególnie wrażliwych na uszkodzenia ładunkami statycznymi.

W pierwszej kolejności należy wykonać zaznaczona zwory, a następnie pozostałe elementy. Przed wlutowaniem układów scalonych warto przygotować i przymierzyć radiator lub radiatory.

Jak podano, metalowa wkładka radiatorowa jest połączona z nóżką 4, czyli minusem zasilania. W zasadzie zaleca się zastosowanie dwóch oddzielnych radiatorów, nie połączonych ani ze sobą, ani z żadnymi metalowymi częściami obudowy. W takim przypadku dla każdego wzmacniacza można zastosować oddzielne bezpieczniki – jak widać na schemacie ideowym i montażowym, obwody zasilania są rozdzielone (punkty P, P1 oraz M, M1). Zastosowanie wspólnego radiatora (bez przekładek izolacyjnych z miki lub gumy silikonowej) połączy punkty M i M1 i wtedy stosowanie oddzielnych bezpieczników jest bezcelowe. Nie znaczy to, że wykorzystanie jednego, wspólnego radiatora jest błędem.

W sumie montaż samego układu elektronicznego nie sprawi żadnych kłopotów, odrobinę trudniejsza będzie tylko sprawa radiatora.

Kwestia czy stosować jeden, czy dwa radiatory, jest mniej ważna. Gorzej, że radiator(y) w każdym przypadku będzie miał potencjał minusa zasilania. Tymczasem blaszana obudowa, w której docelowo umieszczony będzie wzmacniacz zawsze jest połączona z masą. To znaczy, że w każdym przypadku trzeba zastosować izolację: albo odizolować radiator od blaszanej obudowy wzmacniacza, albo odizolować układy scalone od radiatora za pomocą wspomnianych przekładek mikowych lub z gumy silikonowej. Zastosowanie takich przekładek między układem scalonym a radiatorem znacznie zwiększa jednak rezystancję termiczną, tworzy się tu „wąskie gardło" dla przepływu ciepła, co w pewnych sytuacjach może uniemożliwić wykorzystanie pełnej mocy wzmacniacza. Kwestia ta była bardziej szczegółowo omówiona w EdW 8/97 w artykule opisującym wzmacniacz z kostką TDA7294.

W każdym razie zarówno przy stosowaniu przekładek mikowych, jak i przy bezpośrednim przykręceniu układów scalonych do radiatora, koniecznie trzeba w miejscu styku zastosować pastę przewodzącą ciepło.

Podane informacje mogą przestraszyć mniej doświadczonych elektroników. Jak podano wcześniej, nie należy się obawiać uszkodzenia pod wpływem przegrzania – zapobiegnie temu zabezpieczenie termiczne wbudowane w układy scalone.

Jak świadczą rysunki 4 i 5, moc strat w przypadku obciążenia 8Ω (a takie najczęściej będzie stosowane) jest znacznie mniejsza, niż w przypadku obciążenia 4Ω. Także jeśli wzmacniacz nie będzie stale obciążany pełną mocą, radiator nie musi być przesadnie wielki – wyobrażenie o potrzebach daje radiator pokazany na fotografii. Równie dobrym rozwiązaniem byłoby zastosowanie dwóch „jodełek" o szerokości 75mm i długości 50...75mm.

Nie należy się natomiast sugerować wielkością radiatorów stosowanych w dawnych wzmacniaczach fabrycznych. Tam radiatory były wręcz ogromne, bo wystawione były na zewnątrz, a normy nie dopuszczają, by taki zewnętrzny radiator był zbyt gorący. W przypadku umieszczenia radiatora wewnątrz (dobrze wentylowanej) obudowy, temperatura radiatora przy pełnej mocy oddawanej może być rzędu +100°C i taka temperatura nie powinna nikogo dziwić. Oczywiście zawsze zaleca się stosowanie radiatorów większych niż wymagane minimum.

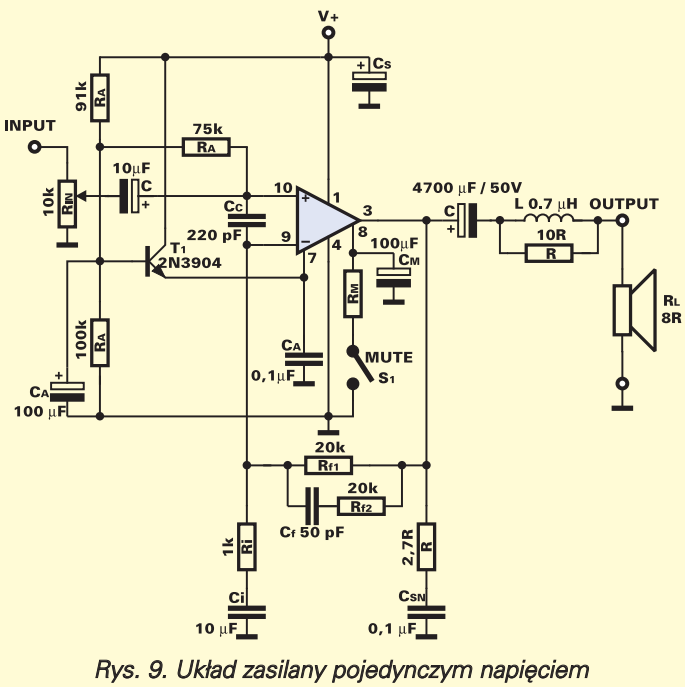
W każdym razie nie należy przesadnie martwić się o radiator – nawet gdyby z czasem okazało się, iż wzmacniacz po dłuższym czasie ciągłej pracy wyłącza się, zawsze można zmienić radiator na większy.

Omawiany układ nie zawiera zasilacza. Zasilacz należy wykonać we własnym zakresie.

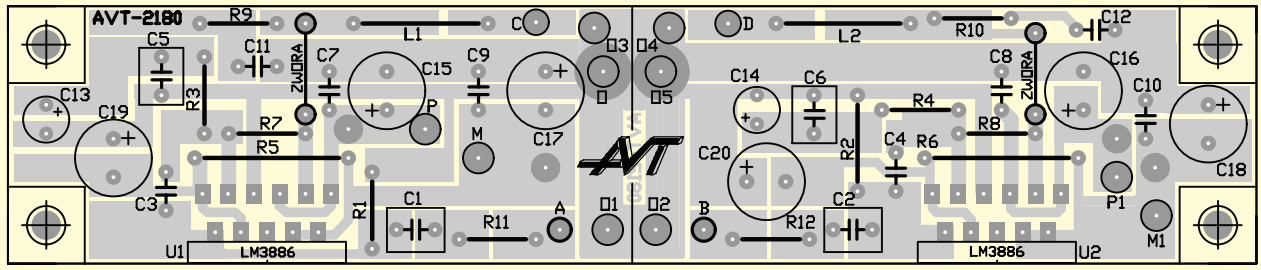
Uzyskane parametry, zwłaszcza moc wyjściowa, będą zależeć od napięcia zastosowanego zasilacza. Teoretycznie przy napięciu zasilającym ±42V (pod obciążeniem), z głośnikiem 8Ω można uzyskać moc wyjściową rzędu 95...100W. Nie można jednak liczyć na uzyskanie takiej mocy w pracy ciągłej, bo przeszkodą będzie rezystancja termiczna.

Niemniej jednak z odpowiednim zasilaczem wzmacniacz z pewnością może osiągnąć moc szczytową rzędu 100W, a przy obciążeniu 4Ω, jeszcze więcej.

Do testów modelu wykorzystano zasilacz (oczywiście niestabilizowany), zawierający typowy transformator toroidalny 200W 2x24V, mostek prostowniczy 10A i kondensatory filtrujące 2 x 10000µF/40V.



Rys. 9. Układ zasilany pojedynczym napięciem



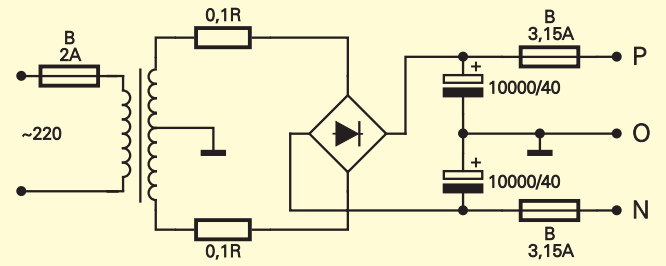
Rys. 10. Schemat montażowy

Taki prosty zasilacz można też polecić do praktycznych zastosowań, choć jak wiadomo, nigdy nie zaszkodzi zwiększenie pojemności filtrujących do 15000µF czy 22000µF. Transformator toroidalny 200W 2 x 24V można bez trudu kupić, choćby w sieci handlowej AVT.

A oto parametry uzyskane ze wspomnianym zasilaczem. Wszystkie pomiary przeprowadzono z obciążeniem rezystancyjnym 4Ω.

Przy wykorzystaniu tylko jednego kanału, maksymalna moc wyjściowa tego kanału wyniosła 75,5W. Przy wykorzystaniu obu kanałów moc wyjściowa wyniosła 2 x 66,5W (przy zniekształceniach poniżej 1%), czyli sumaryczna moc okazała się równa 133W. Przeszkodą w uzyskaniu większej mocy jest w tym wypadku wyłącznie transformator – jego napięcie ogranicza maksymalne napięcie na obciążeniu do 46Vpp. Właśnie to niezbyt duże napięcie zasilania uniemożliwia uzyskanie pełnej mocy przy obciążeniu 8Ω.

Aby uzyskać większą moc, wystarczy zastosować transformator sieciowy mający napięcie wtórne (zmienne) w stanie spoczynku równe 2x30...32V. W handlu można bez trudu nabyć transformatory toroidalne 200W 2 x 30V. Przy stosowaniu takiego transformatora należy raczej użyć kondensatorów filtrujących na napięcie 63V, a nie 40V, bo po wyprostowaniu, napięcie na tych kondensatorach wyniesie nieco ponad 40V.



Rys. 11. Schemat zasilacza sieciowego

Jak wiadomo, w pierwszej chwili po włączeniu, puste kondensatory elektrolityczne ładują się prądem równym niemal prądowi zwarcia transformatora. Tak duży impuls może być groźny dla diod mostka prostowniczego, dlatego podczas prób zastosowano także rezystory ograniczające prąd i zbadano uzyskaną moc. Po dodaniu takich rezystorów (schemat zasilacza wyglądał jak na rysunku 11) moc wyjściowa zmniejszyła się do 2 x 63,6W, czyli nieznacznie, wręcz niezauważalnie dla ucha. W praktyce warto zastosować takie rezystory (0,03...0,1Ω minimum 1W) dla ochrony diod mostka.

Podczas testów zmierzono zniekształcenia nieliniowe przy mocy kanału 60W – były mniejsze niż 0,07%, co należy uznać za dobrą wartość.

Zmierzono też szybkość zmian napięcia na wyjściu: przy obciążeniu 4Ω i pełnej mocy szybkość narastania napięcia wyniosła 13V/µs, a szybkość opadania 20V/µs, co udowadnia, że wzmacniacz rzeczywiście jest szybki i ma dobre parametry dynamiczne.

Jak wspomniano, przy wykonaniu i pomiarach wzmacniacza nie wystąpiły jakiekolwiek kłopoty. Układ pracował poprawnie od pierwszego włączenia.

Niemniej jednak przy pierwszym włączeniu zmontowanego i sprawdzonego optycznie wzmacniacza, zawsze należy zastosować środki bezpieczeństwa, choćby w postaci żarówki włączonej w obwód pierwotnego uzwojenia transformatora. W EdW 8/96 przedstawiono opis „Zabezpieczającego stanowiska uruchomieniowego", znakomicie nadającego się do uruchomienia także opisanego wzmacniacza. W zasadzie nie jest to konieczne, ale życie pokazuje liczne przykłady uszkodzenia kosztownych układów scalonych wskutek pomyłek w montażu, przypadkowych zwarć podczas lutowania, itp. Dla bezpieczeństwa, lepiej zastosować przy pierwszym włączeniu wspomnianą żarówkę, która uchroni przed utratą kilkudziesięciu złotych w przypadku pomyłki w montażu, czy zwarcia.

W praktycznych zastosowaniach trzeba zwrócić szczególną uwagę na połączenia masy. Na płytce drukowanej jest kilka punktów masy, a ścieżki masy poprowadzone są w szczególny sposób – warto na to zwrócić uwagę i przeanalizować, dlaczego wprowadzono taki układ ścieżek. Nie jest też obojętne, gdzie zostaną dołączone poszczególne przewody. Przewód masy przychodzący od zasilacza należy dołączyć do jednego z punktów O lub O5. Przewody masy prowadzące do głośników trzeba dołączyć do punktów O3 i O4. Natomiast przewód masy do przedwzmacniacza powinien być dołączony do jednego z punktów O1, O2. Przedwzmacniacz nie powinien mieć masy połączonej wprost do zasilacza (innym przewodem). Żeby uniknąć pętli masy i wyeliminować wpływ spadków napięć na przewodach, masa przedwzmacniacza powinna być dołączona tylko do jednego z punktów O1 lub O2.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Wykaz elementów

Rezystory
R1,R2,R7,R8: 100kΩ
R3,R4: 3,3kΩ
R5,R6: 20kΩ
R9,R10: 2,7Ω

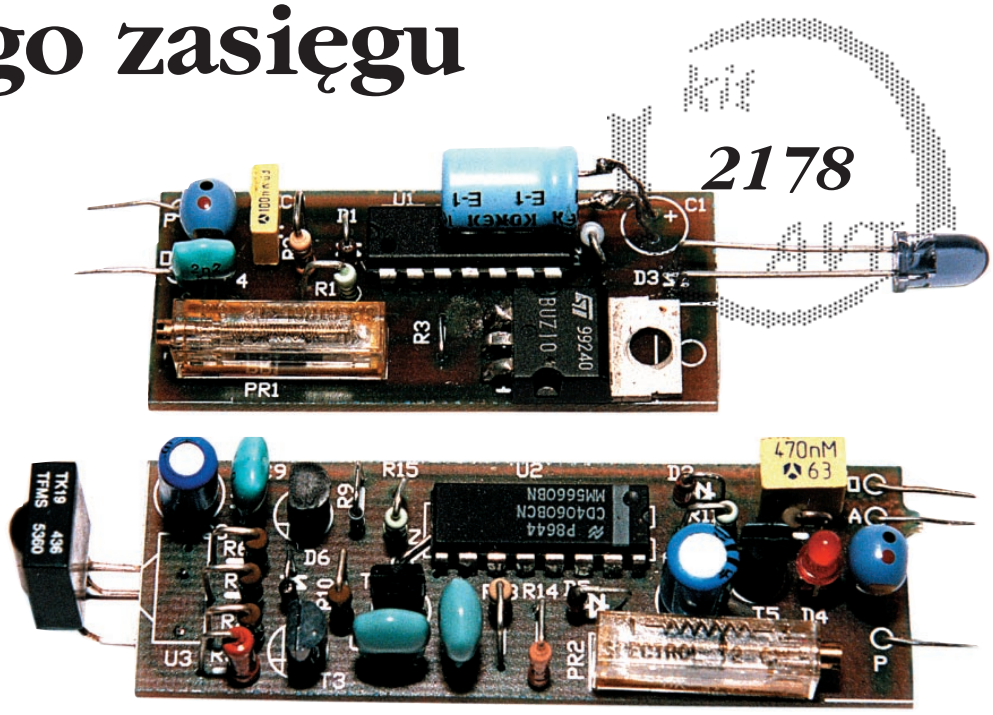
Kondensatory
C1,C2: 470nF
C3,C4: 220pF
C5,C6: (nie montować, patrz tekst)
C7,C8,C9,C10,C11,C12: 100nF ceramiczne
C13,C14: 10µF/16V
C15,C16,C17,C18,C19,C20: 47µF/63V

Półprzewodniki
L1,L2: 0,7µH (cewka na rezystorze 10Ω)
U1,U2: LM3886

Uwaga!
Zestaw AVT-2180 nie zawiera radiatora oraz zasilacza sieciowego. Elementy te należy zamówić oddzielnie.

Prosty tor podczerwieni aktywnej dalekiego zasięgu

część 2



W drugiej części artykułu podano szczegółowy opis układu o rewelacyjnym zasięgu i bardzo małym poborze prądu, nie zawierającego żadnych elementów optycznych. Osiągnięcie takich parametrów wymaga zastosowania odpowiednich wąsko świecących diod nadawczych podczerwieni oraz spełnienia innych warunków podanych w pierwszej części artykułu.

Opis układu

Schemat ideowy nadajnika i odbiornika pokazany jest na **rysunku 6**. Stali Czytelnicy EdW zapewne ze zdziwieniem rozpoznali schemat, który przed ponad rokiem pojawił się przy okazji nauki projektowania płytek przy pomocy programu Easytrax. W samej rzeczy! Jest to rzeczywiście tamten układ, tylko nieco zmodyfikowany.

Tu maleńka dygresja: wszystkim zgłębiającym tajniki programów do rysowania schematów i projektowania płytek można zwrócić uwagę, że wcześniej podany schemat nie zawierał dławików – ich obecność na schemacie mogłaby spowodować zamieszanie w przypadku automatycznego generowania tzw. netlisty – chodzi o to, że z programy do rysowania schematów z założenia łączą nóżki zasilania układów scalonych do szyn oznaczanych VDD i VSS (kostki CMOS) oraz VCC i GND (kostki TTL). Jeśli nóżki plusa zasilania kostek nadajnika i odbiornika zostałyby połączone, to ominięte zostałyby dławiki. Później projekt druku zawierałby błędne połączenie dławików, a program do sprawdzania zgodności płytki z netlistą (Design Rule Check – DRC) nie wykrył by tego błędu.

Tyle dygresji.

Teraz prześledźmy działanie układu z rysunku 6. Generatorem impulsów o częstotliwości 36kHz w nadajniku jest bramka U1A z elementami PR1, C4. Kondensator C3 z rezystorem R1 wyznacza częstotliwość powtarzania paczek impulsów (około 100ms). Natomiast rezystor R2 i pojemność C3 wyznaczają czas trwania jednej paczki impulsów. Dołączenie kondensatora C3 do plusa zasilania nie jest konieczne – tak po prostu łatwiej było zaprojektować druk.

W czasie trwania paczki impulsów dioda IRED (infraRED – podczerwona) błyska około18 razy z częstotliwością 36kHz. Kondensator C1 o znacznej pojemności stanowi magazyn energii na czas trwania paczki impulsów. Rezystor R4 o bardzo małej wartości pozwala w czasie trwania impulsu na przepływ prądu o dużej wartości (przy napięciu zasilania 9V około 3A). Właśnie ze względu na tak dużą wartość prądu zastosowano tranzystor mocy MOSFET. Małe MOSFETy takie jak BS107 czy BS170 maja rezystancję w stanie otwarcia rzędu kilku omów lub więcej i nie nadają się do tego zastosowania. W obwodzie bramki tranzystora T1 przewidziano rezystor R3. Przy wykorzystaniu tranzystora MOSFET jest on zastąpiony zworą, ale w roli T1 może też pracować „darlington" npn większej mocy i wtedy rezystor będzie potrzebny do ograniczenia prądu bazy. W przypadku stosowania „darlingtona" należy się upewnić, czy jest on dostatecznie szybki. Dużą ostrożność trzeba wykazać przy próbie zastosowania w roli T1 zwykłego tranzystora npn. Przy jego niewielkim wzmocnieniu może się okazać, że bramki U1C i U1D nie są w stanie dostarczyć odpowiedniego prądu bazy. W każdym przypadku stosowania tranzystorów innych niż MOSFET, należy sprawdzić oscyloskopem przebieg na kolektorze tranzystora (na katodzie diody D3).

Przy tak dużych impulsach prądu konieczne są obwody filtrujące – dławiki L1 i L2 oraz kondensatory C1 i C2. Czułość układu odbiorczego jest bardzo duża i bez dławików niemożliwe byłoby zasilanie nadajnika i odbiornika z tego samego źródła, bo impulsy przechodzące z nadajnika do odbiornika przez linie zasilania zakłócałyby pracę układu U3.

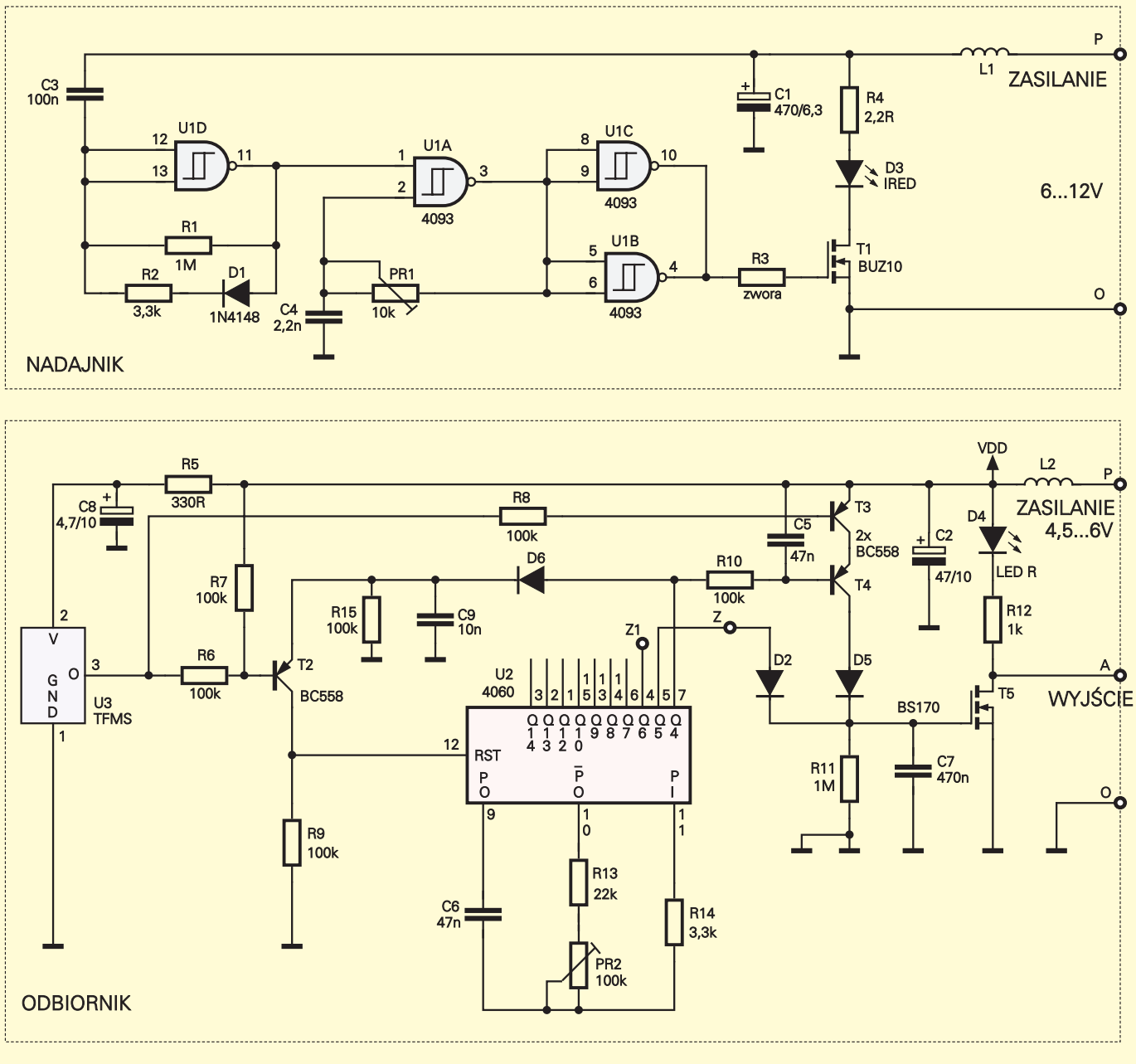
Układ odbiornika wygląda dość zawile. Jego działanie nie jest jednak trudne do zrozumienia. Pomocą w analizie będą **rysunki 7** oraz **8**.

Przede wszystkim trzeba wiedzieć, że w prawidłowo działającym torze, każda odebrana paczka impulsów wytwarza na wyjściu kostki TFMS krótki impuls ujemny (0,5ms), który z kolei powoduje wyzerowanie licznika U1 (CMOS 4060). Od tej chwili określenie „impuls" będzie oznaczać ten właśnie impuls elektryczny o długości 0,5ms, który pojawia się na wyjściu odbiornika U3 (TFMS5360) po odebraniu paczki impulsów świetlnych.

Po każdym takim impulsie licznik U2 zaczyna swą pracę od nowa. Na rysunku 7 pokazano niektóre przebiegi na jego wyjściach. Bardzo ważną rolę pełni sygnał z wyjścia Q4 (nóżka 7 układu U2) – przebieg z rysunku 7b.

Na rysunku 7 pokazano, że licznik U2 rozpoczął cykl pracy po kolejnym impulsie zerującym. Moment przyjścia tego impulsu zerującego zaznaczono pionową niebieską linią. Przebieg na wyjściu Q4 decyduje, co stanie się po przyjściu następnego impulsu. Jeśli następny impuls z odbiornika TFMS pojawi się w czasie, gdy na wyjściu Q4 wystąpi stan wysoki (zaznaczono to zielonym kolorem na przebiegu 7b), wtedy licznik zostanie prawidłowo wyzerowany i cykl pracy rozpocznie się od nowa. Zerowanie licznika umożliwi podanie stanu wysokiego przez diodę D6 na kondensator C9 – dopiero wtedy tranzystor T2 będzie mógł pewnie wyzerować kostkę przez jej wejście RST (nóżka 12). Obwód D6, R15 i C9 jest potrzebny do przedłużenia czasu trwania stanu wysokiego z wyjścia Q4. Należy pamiętać, że w chwili zerowania, na wyjściu Q4 pojawia się stan niski. Bez obwodu D6, R15 i C9 impuls zerujący na wejściu RST byłby więc bardzo krótki (kilkadziesiąt nanosekund), co w pewnych warunkach uniemożliwiłoby pełne zerowanie wszystkich stopni licznika. Wspomniany obwód pozwala przedłużyć impuls zerujący kostkę U2 i pewnie ją wyzerować.

Wskutek tego ustawicznego zerowania, w czasie normalnej pracy, przebieg na wyjściu Q4 będzie wyglądał jak na dolnym rysunku – 7d, gdzie zaznaczono go kolorem zielonym. W tym miejscu należy zauważyć, że w czasie normalnej pracy, przebieg na wyjściu Q4 będzie miał wypełnienie różne od 50%. Częstotliwość oscylatora kostki U2 należy ustawić za pomocą potencjometru PR2 w ten sposób, by w czasie normalnej pracy dodatnie impulsy występujące na wyjściu Q4 były dwukrotnie krótsze od czasu przerwy. Jak wynika z rysunku 7b, czas przerwy na wyjściu Q4 powinien trwać 66,6ms, co zostanie spełnione, jeśli okres drgań oscylatora będzie ustawiony za pomocą PR2 na 133,2ms/16 = 8,325ms, co odpowiada częstotliwości 120Hz. Przy takiej częstotliwości oscylatora uzyska się optymalny przebieg na wyjściu Q4. Z rysunku 7b jasno wynika, że zapewni to znaczny margines bezpieczeństwa w przypadku, gdyby częstotliwość generatora taktującego w nadajniku (o okresie 100ms) zmieniła się o kilka czy kilkanaście procent.



Rys. 6. Schemat ideowy

Właśnie, żeby uzyskać optymalny margines bezpieczeństwa, trzeba tak ustawić potencjometr PR2, aby następny impuls zerujący przychodził dokładnie tak jak pokazano na rysunku 7b. Wtedy właśnie na wyjściu Q4 uzyska się przebieg o wypełnieniu 1/3, jak pokazuje to rysunek 7d.

Aby zabezpieczyć układ przed „obcymi" impulsami o innej częstotliwości powtarzania, dodano układy wywołujące alarm w przypadku, gdy następny impuls zerujący przyjdzie za wcześnie lub za późno. Jeśli następny impuls z odbiornika U3 pojawi się za wcześnie, to znaczy jeszcze podczas trwania stanu niskiego na wyjściu Q4 (zaznaczonym czerwono na rysunku 7b), wtedy alarm zostanie wywołany przez przewodzące tranzystory T3 i T4. Spowoduje to naładowanie kondensatora C7, otwarcie tranzystora T5 i zaświecenie czerwonej diody LED D4.

Jeśli z kolei impuls zerujący nie przyjdzie do czasu pojawienia się stanu wysokiego na wyjściu Q5 (porównaj rysunek 7c), wtedy alarm zostanie wywołany przez wyjście Q5 i diodę D2.

Jak z tego widać, w stanie alarmu przewodzi tranzystor T5 (co można wykorzystać do współpracy z innymi urządzeniami) i świeci dioda D5 (co znakomicie przydaje się podczas prób i regulacji).

Gdy wszystko jest w porządku, tranzystor T5 jest zatkany. Układ pobiera niewielki prąd rzędu 1mA.

W tym miejscu parę słów na temat zasilania.

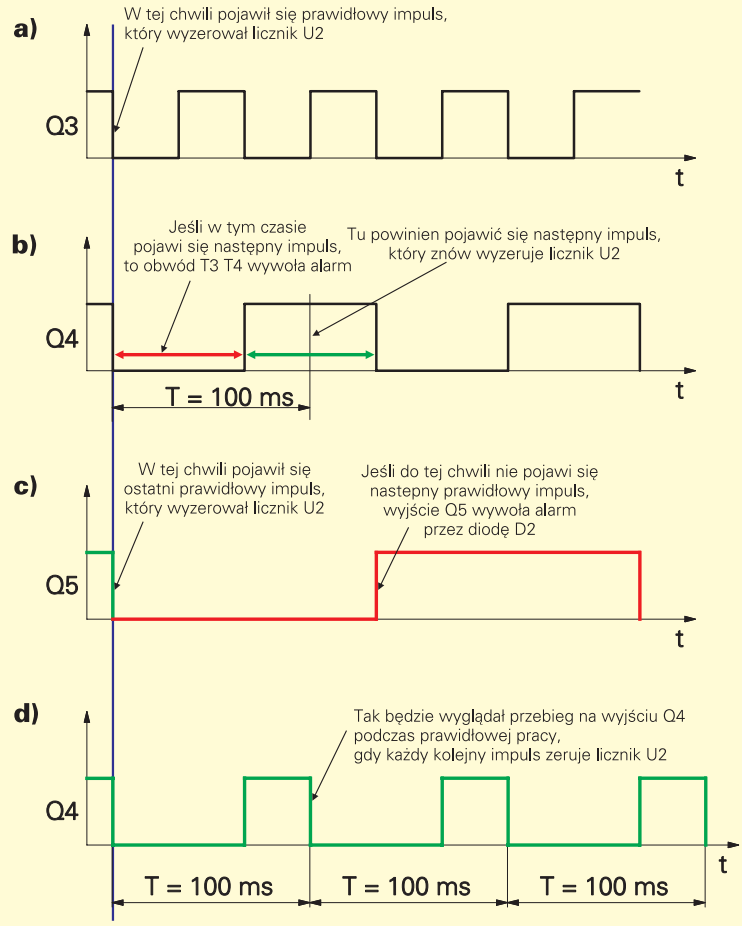
Ze względu na obecność układu TFMS, odbiornik musi być zasilany napięciem w zakresie 4,5...6V!

Natomiast nadajnik może być również zasilany napięciem rzędu 5...6V, jednak został przewidziany do zasilania napięciem 9V (dopuszczalne jest zasilanie napięciem 12V, co zwiększy prąd impulsów diody LED nieco powyżej katalogowych wartości).

Taki sposób zasilania wybrano, ponieważ układ przeznaczony jest przede wszystkim do prób i eksperymentów, a mniej do praktycznych zastosowań. Jeśli ktoś będzie chciał uzyskać zasięg rzędu kilkudziesięciu metrów, i tak zastosuje oddzielne źródło zasilania nadajnika, choćby w postaci bateryjki 9-woltowej lub akumulatorka 12V, w miejsce długiego kabla.

Dlaczego układ nie jest zalecany do pracy w systemach alarmowych na wolnym powietrzu?

Należy wziąć pod uwagę, że w tak prostym i tanim układzie nie uda się uzyskać parametrów gwarantujących niezawodną pracę w każdych warunkach. Chodzi tu głównie o zmiany temperatury i napięcia zasilania nadajnika. Proste układy generatorów



Rys. 7. Przebiegi czasowe w wersji podstawowej odbiornika

z bramkami U1D i U1A mogą nie zapewnić wystarczającej stabilności przy zmianach temperatury otoczenia od -20...+30°C, a przynajmniej na takie temperatury narażony jest układ pracujący na wolnym powietrzu. Ponadto częstotliwość wspomnianych generatorów znacznie zależy od napięcia zasilającego i dla długotrwałej niezawodnej pracy należy stosować stabilizację napięcia zasilającego nadajnik.

Nie umniejsza to w żadnym stopniu zalet prezentowanego układu. Z jego pomocą można uzyskać naprawdę rewelacyjny zasięg bariery.

Teraz kolejna sprawa.

Opisany powyżej sposób pracy wywoła alarm już przy braku jednego jedynego impulsu świetlnego. Jak wspomniano, dla zapobieżenia fałszywym alarmom, wywoływanym choćby przez przelatujące muchy, układ powinien wywoływać alarm dopiero przy braku nie jednego, tylko dwóch impulsów świetlnych.

Można to zrealizować w bardzo prosty sposób, łącząc anodę diody D2 nie do wyjścia Q5, tylko Q6 (nóżka 4). W tym celu trzeba przeciąć istniejące połączenie i połączyć punkty oznaczone Z, Z1.

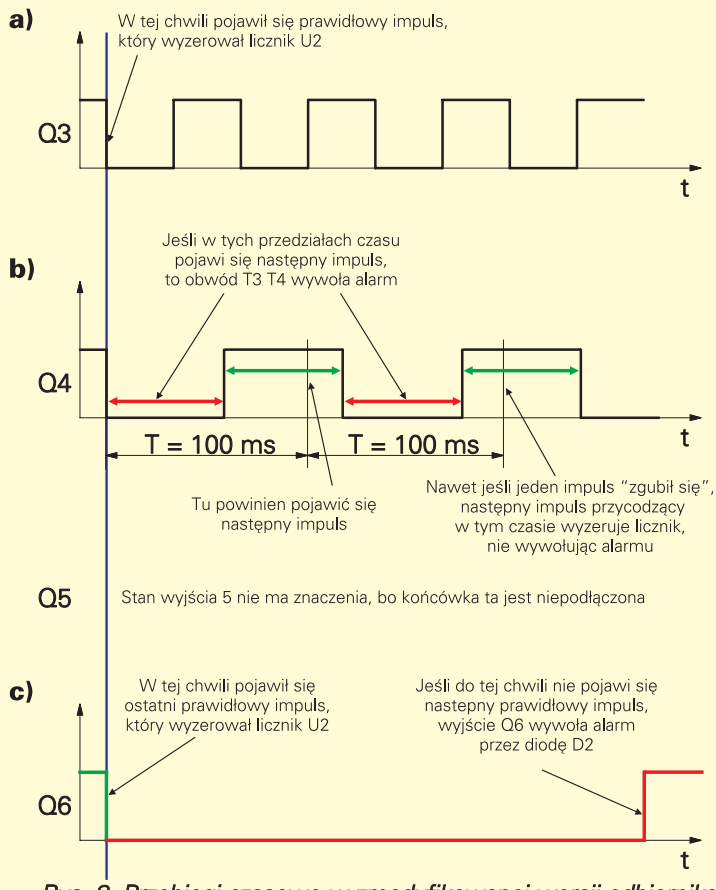
Przebiegi w układzie będą wyglądać jak na **rysunku 8**. Tym razem, ponieważ dopuszczalne jest „zaginięcie" jednego impulsu, częstotliwość oscylatora kostki U2 należy ustawić nieco mniejszą, tak by czas przerwy wynosił 60ms (częstotliwość oscylatora około 133Hz). Przy takim ustawieniu następny prawidłowy impuls, pojawiający się po kolejnych 100 milisekundach wypadnie mniej więcej na początku kolejnego impulsu na wyjściu Q4 – pokazuje to rysunek 8b.

Podobnie, jak poprzednio, jeśli impuls zerujący nie nadejdzie do czasu pojawienia się stanu wysokiego na wyjściu Q6, zostanie wywołany alarm (przez diodę D2).

Przy prawidłowej pracy tej wersji, na wyjściu Q4 powinny występować impulsy o współczynniku wypełnienia, nie jak poprzednio 1/3 (33%), tylko 2/5 (40%).

Oczywiście, można anodę diody D2 dołączyć do wyjścia Q7, i wtedy układ nie zareaguje nawet przy „zagubieniu" trzech kolejnych impulsów świetlnych. W takim wypadku trzeba jeszcze nieco zwiększyć częstotliwość oscylatora kostki U2, a podczas normalnej pracy przebieg na wyjściu Q4 będzie miał większe wypełnienie, zbliżone do 45%.

Jak widać z tego opisu, działanie układu jest w sumie bardzo proste. Okazuje się jednak, że do uruchomienia i wyregulowania układu nie wystarczy miernik uni-



Rys. 8. Przebiegi czasowe w zmodyfikowanej wersji odbiornika

wersalny, potrzebny będzie oscyloskop. Właśnie ze względu na konieczność starannego wyregulowania, stopień trudności projektu oceniono na dwie gwiazdki.

W zasadzie, na podstawie podanych dalej wskazówek można wyregulować układ korzystając tylko z miernika (współczynnik wypełnienia impulsów można określić jako stosunek uśrednionego napięcia stałego do napięcia zasilającego, dołączając miernik przez obwód całkujący RC o dużej stałej czasowej). Jednak w przypadku jakichkolwiek kłopotów czy wątpliwości nie obędzie się bez pomocy oscyloskopu.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na dwóch maleńkich płytkach drukowanych pokazanych na **rysunku 9**. Montaż nie sprawi większych kłopotów, a dodatkową pomocą będą fotografie modelu. Płytki zostały przewidziane do umieszczenia w odcinkach rurki instalacyjnej o średnicy wewnętrznej 23mm, używanej przez elektryków.

Warto wcześniej przygotować te rurki i podczas montażu sprawdzać, czy układ zmieści się wewnątrz niej. Szczególną uwagę trzeba zwrócić na kondensator C1 w nadajniku, który prawdopodobnie trzeba będzie zmontować poziomo. Odbiornik TFMS można wlutować wprost w płytkę, ale w modelu nie obcinano jego nóżek, tylko wygięto je w łuk i przylutowano od strony druku.

Na początek, można nie montować w nadajniku rezystora R4, a zamiast niego wlutować rezystor o wartości 68...150Ω. Zabezpieczy to diodę nadawczą w przypadku błędów w działaniu nadajnika.

Montaż nie sprawi kłopotów, nie ma tu nic szczególnie trudnego.

Po zmontowaniu nadajnika i odbiornika całość trzeba wyregulować.

Potencjometrem PR1 należy ustawić częstotliwość powtarzania impulsów równą 36kHz. Posiadacze zwykłych, prostych oscyloskopów mogą mieć kłopoty z zaobserwowaniem krótkich „paczek impulsów" o częstotliwości 36kHz, trwających tylko około 500µs. Na czas ustawiania częstotliwości generatora U1A można zewrzeć wejścia bramki U1D do masy, ale lepiej jest w miejsce rezystora R2 o wartości 3,3kΩ, dać rezystor o wartości 220kΩ...1MΩ. Oczywiście do takich eksperymentów rezystor R4 musi mieć wartość rzędu co najmniej 100Ω, bo przy wartości 2,2Ω dioda nadawcza w krótkim czasie ulegnie uszkodzeniu wskutek przegrzania.

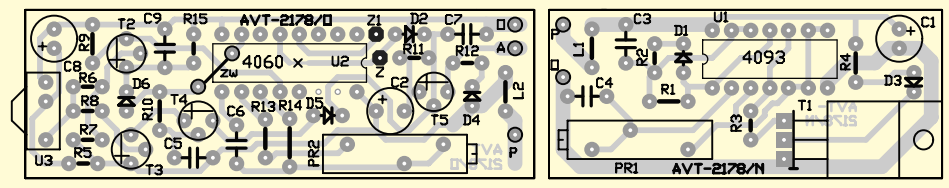
W praktyce do regulacji wcale nie jest potrzebny częstościomierz. Wystarczy podłączyć odbiornik (Uwaga! zasilany napięciem 5V) skierować nań pracujący nadajnik i sprawdzać, czy na wyjściu kostki U3 (TFMS5360) pojawiają się impulsy.

Potencjometr PR1 należy ustawić w położeniu pośrednim między granicami zanikania impulsów na wyjściu U3. Znalezienie właściwej pozycji potencjometry PR1 będzie jeszcze łatwiejsze, jeśli rezystor R4 zostanie jeszcze bardziej zwiększony – nawet do kilku kiloomów. Czułość odbiornika jest bardzo duża i przy próbach na stole wystarczy bardzo mały prąd diody nadawczej. Pozwoli to dokładniej dostroić nadajnik do częstotliwości filtru odbiornika TFMS.

Po ustawieniu właściwej częstotliwości generatora U1A, należy skontrolować z grubsza czas trwania „paczki impulsów" (ustala ją rezystor R2) i przerwy między paczkami (odpowiada za nią R1). Trzeba obejrzeć przebieg na nóżkach 1 i 11 kostki U1. Jeśli czasy te różnią się nie więcej niż o 20...50% od wcześniej podanych 0,5ms i 100ms, nie trzeba niczego zmieniać. W tak prostym układzie, gdzie dużo zależy od wielkości histerezy bramki (Schmitta) U1D, nie można się spodziewać idealnej dokładności. Czas trwania paczki impulsów nie powinien być jednak krótszy niż 0,4ms. Jeśli będzie dłuższy, to jedynie trochę wzrośnie pobór prądu. Odchyłki czasu powtarzania impulsów nie mają większego znaczenia, bo zostaną uwzględnione przy regulacji odbiornika.

Jeśli nadajnik pracuje poprawnie można przystąpić do regulacji odbiornika. Przede wszystkim należy sprawdzić, czy na wyjściu układu U3 (nóżka 3) regularnie pojawiają się wąskie, szpilkowe ujemne impulsy, zgodnie z rysunkiem 5. Uwaga, impulsy te są bardzo wąskie, trzeba uważnie obserwować ekran oscyloskopu, by ich nie przeoczyć.

Jeśli te impulsy występują regularnie, bez przerw i zakłóceń, należy podłączyć oscyloskop do wyjścia Q4 kostki U2 i potencjometrem PR2 ustawić właściwą częstotliwość oscylatora. To dla bardziej



Rys. 9. Schemat montażowy

Wykaz elementów

Rezystory
R6-R10,R15: 100kΩ
R1,R11: 1MΩ
R2,R14: 3,3kΩ
R3: zwora
R4: 2,2Ω
R5: 330Ω
R12: 1kΩ
R13: 22kΩ
PR1: 10kΩ helitrim
PR2: 100kΩ helitrim

Kondensatory
C1: 470µF/6,3V
C2: 47µF/10V
C3: 100nF
C4: 2,2nF
C5,C6: 47nF
C7: 470nF
C8: 4,7µF/10V
C9: 10nF

Półprzewodniki
D1,D2,D5,D6: 4148
D3: LD274 lub TSIP 5201 (TSIP 5202)
D4: LED R
T1: BUZ10
T2,T3,T4: BC558B
T5: BS170
U1: 4093
U2: 4060
U3: TFMS5360

Pozostałe
L1,L2: 100µH dławik

nerwowych elektroników może być najtrudniejsza część uroczystości, bo w pierwszej chwili trudno pojąć zależność kształtu przebiegu na ekranie od położenia suwaka

Dlatego trzeba się do tego zabrać systematycznie. Na początek warto ustawić potencjometr PR2 na maksimum rezystancji. Wtedy najprawdopodobniej okres przebiegu będzie za duży i kolejne impulsy zerujące będą przychodzić „za wcześnie", w odcinku czasu zaznaczonym na rysunku 7b kolorem czerwonym. Niestety, nie oznacza to, że na wyjściu Q4 będzie trwał stan niski, albo wystąpią wąskie szpilki. Przy braku stanu wysokiego na wyjściu Q4 tranzystor T2 nie może pracować i licznik nie będzie zerowany. W efekcie na wyjściu Q4 pojawią się niezsynchronizowane przebiegi – po prostu śmieci.

Przy zmniejszaniu rezystancji potencjometru PR2, najpierw nie będzie dziać się nic szczególnie godnego uwagi – po prostu zmieniać się będzie rytm występowania wspomnianych śmieci.

Jednak w pewnym momencie czas impulsów zmniejszy się na tyle, że na wyjściu Q4 pojawi się regularny ciąg impulsów o częstotliwości wyznaczonej przez nadchodzące paczki impulsów optycznych. Układ „złapie synchronizację". Na wyjściu Q4 pojawi się więc najpierw ciąg dodatnich wąskich szpilek, a przy zmniejszaniu rezystancji PR2, szpilki te zaczną się poszerzać. W końcu przy dalszym zmniejszaniu wartości PR2, te dodatnie impulsy na wyjściu Q4 przybiorą kształt przebiegu prostokątnego o wypełnieniu 50%. Jeśli rezystancja PR2 zostanie zmniejszona jeszcze bardziej, to układ znów straci synchronizację i na wyjściu Q4 znów pojawią się śmieci.

Dla prawidłowej pracy w podstawowym układzie, należy tak ustawić PR2, by dodatnie impulsy na wyjściu Q4 miały wypełnienie 33%, czyli wyglądały tak, jak pokazuje rysunek 7d.

W pierwszym podejściu zaleca się przeprowadzić opisane regulacje w podstawowym układzie, to znaczy gdy anoda diody D2 jest dołączona do nóżki Q5.

Jeśli ktoś chciałby dołączyć diodę D2 do wyjścia Q6 (by uzyskać niewrażliwość układu na brak jednego impulsu) powinien to zrobić dopiero po wyregulowaniu odbiornika w podstawowej wersji. Strojenie tej drugiej wersji jest podobne, ale łatwiej jest najpierw w podstawowym układzie ustawić potencjometrem wypełnienie impulsów na Q4 równe 40%, a dopiero potem przeciąć ścieżkę i połączyć punkty Z – Z1.

Po takim wyregulowaniu na biurku, tor jest gotowy do testów „polowych". Teraz należy wlutować przepisany rezystor R4 o wartości 2,2Ω. Spowoduje to radykalny wzrost zasięgu. System jest tak czuły, że podczas prób reaguje nie tylko na promieniowanie bezpośrednie, ale i te odbite od podłogi i ścian pomieszczenia. Właśnie ze względu na tak dużą czułość warto stosować wspomnianą rurkę ograniczającą kąt widzenia odbiornika (dobrze byłoby pomalować ją wewnątrz na czarno). Nadajnikiem nie trzeba się przejmować, bo wiązka promieniowania diody D3 jest wąska sama z siebie. Przy testach modelu, dopiero zamknięcie odbiornika w szczelnej szufladzie powodowało alarm. Nawet niewielkie uchylenie szuflady powodowało reakcję odbiornika.

W czasie testów modelu pokazanego na fotografii osiągnięto zasięg około 50m w najprostszych warunkach, gdy nadajnik i odbiornik były trzymane w rękach przez dwie osoby, a nadajnik zasilany był napięciem 9V z małej bateryjki 6F22. Przy zastosowaniu jak najwęziej świecących diod nadawczych i dobrym wycelowaniu nadajnika, zasięg ten powinien być jeszcze większy.

Podczas testów należy zwrócić baczną uwagę na stałość napięcia zasilającego nadajnik. Nie wolno po wyregulowaniu systemu potencjometrami PR1 i PR2 zmieniać napięcia zasilającego nadajnik, na przykład z 9 na 12V, bo spowoduje to niedopuszczalnie dużą zmianę częstotliwości nadajnika oraz zmianę czasu powtarzania impulsów.

Tak duża moc nadawania i duża czułość odbiornika maja też w pewnych sytuacjach wady. Na przykład w pomieszczeniu nie uda się wykorzystać takiej bariery, bo nie będzie ona reagować na przerwanie wiązki! Dlaczego? To oczywiste. Światło odbite od przedmiotu przecinającego barierę, a potem wielokrotnie odbite od ścian trafi w końcu do odbiornika. W takiej sytuacji trzeba oczywiście zmniejszyć moc nadajnika, zwiększając wartość rezystora R4, stosownie do długości bariery. W takim przypadku pobór prądu przez nadajnik zmniejszy się, nawet poniżej 1 miliampera, a bariera będzie poprawnie funkcjonować. Jeśli zasięg nie będzie przekraczać 10m, można też nadajnik zasilać napięciem 5V, tak samo jak odbiornik.

W każdym razie, prawidłowo wyregulowany układ umożliwia uzyskanie zaskakująco dobrych efektów, dużego zasięgu i to przy bardzo małym poborze prądu.

Materiał zawarty w niniejszym artykule ma zachęcić wszystkich praktykujących elektroników do samodzielnych prób w tej dziedzinie. Mile widziane są listy opisujące parametry uzyskane w zaprezentowanym układzie, a także doniesienia o samodzielnych próbach. Listy takie koniecznie należy opatrzyć dopiskiem „IRED".

A w najbliższych wydaniach Elektroniki dla Wszystkich przedstawione zostaną kolejne układy wykorzystujące promieniowanie podczerwone.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Rozwiązanie zadania powinno zawierać schemat elektryczny i zwięzły opis działania. Model i schematy montażowe nie są wymagane. Przysłanie działającego modelu lub jego fotografii zwiększa szansę na nagrodę.
Ponieważ rozwiązania nadsyłają czytelnicy o różnym stopniu zaawansowania, mile widziane jest podanie swego wieku.
Ewentualne listy do redakcji czy spostrzeżenia do erraty powinny być umieszczone na oddzielnych kartkach, również opatrzonych nazwiskiem i pełnym adresem.
Czas nadsyłania prac wynosi 45 dni od ukazania się numeru (w przypadku prenumeratorów – od otrzymania pisma pocztą).

Zadanie 24

Sygnalizator obniżenia temperatury

Temat tego zadania nierozłącznie wiąże się z zimą. Wyobraź sobie, że jesteś właścicielem piwnicy, garażu lub komórki. Pomieszczenie nie jest ogrzewane. Znajdują się w nim przedmioty, które nie powinny przemarznąć (np. zapas jarzyn na zimę).

Nie można dopuścić do spadku temperatury w pomieszczeniu poniżej zera.

Ponieważ do pomieszczenia nie są doprowadzone przewody sieci energetycznej, nie można zastosować prostego sposobu polegającego na wstawieniu tam grzejnika elektrycznego z termostatem włączającym się przy spadku temperatury do zera.

Należy zaprojektować sygnalizator, który informowałby domowników o groźbie przemarznięcia.

Sygnalizator taki musi być zasilany z baterii.

I to jest główna trudność zadania: sygnalizator musi skutecznie poinformować domowników o zagrożeniu, ale w stanie czuwania powinien pobierać jak najmniej prądu.

Zadanie jest może trochę sztuczne, bo nawet jeśli w pomieszczeniu nie jest dostępna energia elektryczna z sieci, skuteczniejszym rozwiązaniem byłoby zapewne prowizoryczne łącze sieci 220V, pozwalające wykorzystać grzejnik elektryczny z termostatem.

Tym razem nie chodzi mi jednak o praktyczną przydatność, ale o zwrócenie uwagi na pobór prądu przez urządzenia zasilane z baterii. W rozwiązaniach, nadsyłanych na wcześniejsze wydania naszego stałego konkursu zdecydowana większość uczestników zupełnie nie zwracała uwagi na pobór prądu. Niektórzy proponowali urządzenia przeznaczone do ciągłej pracy, które miałyby pobierać z małej 9-woltowej bateryjki typu 6F22 prąd rzędu kilkudziesięciu miliamperów. Takie rozwiązanie zrujnowałoby finansowo właściciela, bo musiałby wymieniać (zwykłą, nie alkaliczną) baterię przynajmniej dwa razy dziennie!

Tymczasem przy odrobinie zastanowienia można zaprojektować układ pełniący identyczne funkcje, który w spoczynku zupełnie nie pobierałby prądu, lub pobierałby prąd o natężeniu jakiś tam drobnych pojedynczych mikroamperów.

Właśnie nonszalancja licznych uczestników Szkoły w szafowaniu prądem z baterii spowodowała, że zdecydowałem się na przedstawienie niniejszego zadania, którego głównym zadaniem jest wyczulenie wszystkich przyszłych i obecnych konstruktorów na problem oszczędności prądu.

Jak widzicie, tym razem głównym kryterium przy ocenie prac będzie zmniejszenie poboru prądu.

Zadanie może wydawać się trudne, bo nie wszyscy uczestnicy potrafią zaprojektować superoszczędny układ, pobierający w spoczynku prąd rzędu kilku, czy kilkunastu mikroamperów. Wcale nie trzeba projektować układu pomiaru temperatury od podstaw. Można wykorzystać gotowy układ z literatury.

Trzeba tylko ruszyć głową, a wtedy okaże się, że problem wcale nie jest tak skomplikowany, jak się wydaje na pierwszy rzut oka.

Przede wszystkim należy zauważyć, że temperatura w pomieszczeniu zmienia się bardzo wolno i układ wcale nie musi pracować w sposób ciągły... Więcej podpowiedzieć nie mogę.

Należy więc rozważyć dwie drogi:
- albo minimalizować pobór prądu przez stosowanie oszczędnych elementów (zwłaszcza układów scalonych)
- albo zastosować sposób zmniejszający średni pobór prądu.

A oto oficjalny temat zadania:

Zaprojektować układ sygnalizatora obniżenia temperatury, który w spoczynku pobierałby jak najmniej prądu.

Uważam, że tym razem zadanie nie jest wcale trudne.

Gorąco zachęcam do przeprowadzenia prób. Nie ukrywam, że spodziewam się także praktycznych rozwiązań. Jestem przekonany, że zaproponujecie układy zużywające naprawdę mało prądu.

Dodatkowo możecie zarobić sporo punktów, jeśli zaproponujecie praktycznie sprawdzone układy generatorów potrzebujących jak najmniej prądu. Nie lekceważcie tego wątku – generator impulsów, pobierający w spoczynku pomijalnie mały prąd, to bardzo cenny blok do budowy różnych współczesnych układów elektronicznych.

Jak wspomniałem, praktyczna przydatność sygnalizatora w opisanym zastosowaniu jest co najmniej wątpliwa, ale nie lekceważcie tego tematu, bo jest to znakomita okazja zdobycia cennego doświadczenia.

Do stanięcia w szranki zachęcam także bardziej zaawansowanych i doświadczonych konstruktorów – tu może rozegrać się ciekawa rywalizacja o każdy mikroamper prądu.

Nie zapomnijcie podać swojego wieku, bym mógł sprawiedliwie ocenić nadesłane rozwiązania.

Nagrodami dla zwycięzców będą zestawy układów CMOS, które znakomicie nadają się do budowy superoszczędnych urządzeń elektronicznych.

Nagrody ufundowała firma AVT.

Rozwiązanie zadania nr 21

Zgodnie z wcześniejszą zapowiedzią, w związku ze zmianą terminu nadsyłania prac, rozwiązanie zadania 21, ogłoszonego w 11 numerze EdW z 1997 roku zostanie zamieszczone za miesiąc.

Nie zdziwcie się też, że od przyszłego numeru zmieni się logo Szkoły Konstruktorów.

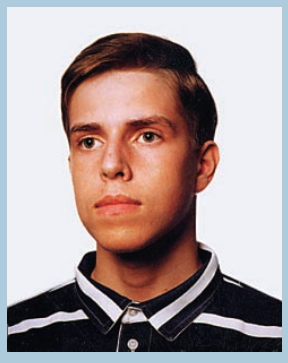
Pozdrawiam wszystkich uczestników i sympatyków Szkoły.

Wasz Instruktor
Piotr Górecki

FORUM CZYTELNIKÓW

Forum Czytelników ma służyć celom edukacyjnym, wymianie doświadczeń i pomysłów.
Zasady są następujące:
- **publikujemy wyłącznie projekty opracowane samodzielnie i nigdzie dotychczas nie publikowane (należy dołączyć stosowne oświadczenie z własnoręcznym podpisem);**
- **oprócz tekstu i rysunków, prosimy przysłać działający model lub jego fotografie (model odeślemy);**
- **publikacja projektu nie oznacza jego pozytywnej oceny przez redakcję EdW, lecz stanowi punkt wyjścia do publicznej dyskusji nad proponowanym rozwiązaniem. Etap dyskusji nazywany „Dogrywką", trwa dwa miesiące. W tym czasie oczekujemy nie tylko listów z uwagami krytycznymi, ale przede wszystkim propozycji innych, lepszych rozwiązań (tym razem wystarczy schemat z opisem działania układu);**
- **nagroda za opublikowany projekt wynosi 100 zł (brutto) za stronę artykułu w EdW. Nagroda nie zostanie przyznana, jeśli „Dogrywka" wykaże, iż projekt stanowi plagiat. Jeśli w "Dogrywce" zostaną zaproponowane lepsze rozwiązania, wówczas część nagrody (w proporcji uznanej przez redakcję EdW) zostanie przyznana autorom lepszych rozwiązań.**

Prosimy też o załączenie do projektu fotografii paszportowej i kilku zdań życiorysu.
Prosimy nie przysyłać opisów urządzeń, które powstały tylko na papierze, a nie zostały zrealizowane w praktyce. Znamy się trochę na elektronice i wiemy, że większość takich układów nie będzie działać. Stąd nasza prośba o model lub przynajmniej fotografię modelu.



Przełącznik sterowany pilotem

Nazywam się Dawid Gnida, mam 17 lat i jestem uczniem trzeciej klasy Technikum Telekomunikacyjnego w Katowicach.
Elektronika pasjonuje mnie od dobrych paru lat. Od samego początku próbuję budować własne układy elektroniczne (z różnym skutkiem).
Na wstępie chciałbym serdecznie pozdrowić cały zespół redagujący EdW oraz pogratulować wydawania tak wspaniałego pisma...

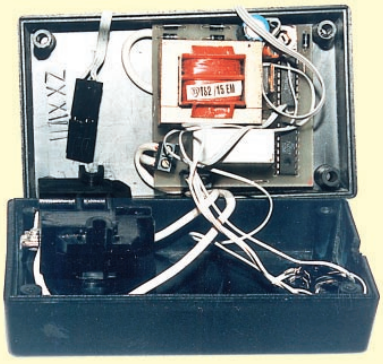
...Jako załącznik do listu przesyłam opracowany przeze mnie przełącznik elektryczny sterowany pilotami sprzętu RTV.

Podobne układy były już niejednokrotnie publikowane w różnych gazetach o tematyce elektronicznej (np. EdW 9/96).

Mój układ jest znacznie prostszy, tańszy oraz bardziej uniwersalny, odpada bowiem problem programowania rozkazów, pod wpływem których przełącznik zmieni swój stan (mało kto zna sekwencje zer i jedynek odpowiadające odpowiednim przyciskom na pilocie, a nie wszyscy są szczęśliwymi posiadaczami opisanego pilota Elemis). Przedstawiony układ reaguje na każdy przycisk standardowego pilota RTV, nadającego w częstotliwości 36Hz.

Aby jednak urządzenie nie reagowało na czynności związane na przykład ze zmianą kanału telewizyjnego, zastosowałem linię opóźniającą. Sprawia ona, iż aby uaktywnić przełącznik należy trzymać wciśnięty przycisk na pilocie przez około dwie sekundy (zmiana kanału trwa o wiele krócej). W celu przełączenia układu zalecam skasowanie przycisków nie mających bezpośrednio wpływu na pracę telewizora (innych urządzeń RTV), na przykład używając funkcji sterujących telegazetą podczas normalnego odbioru programu nie wpływamy na zmianę stanu pracy telewizora, ale za to możemy włączyć lub wyłączyć dowolne urządzenie elektryczne.

Jako element odbiorczy zastosowałem niejednokrotnie opisywaną na łamach EdW kość odbiornika podczerwieni TFMS5360 (jeżeli nasz pilot nadaje na odmiennej częstotliwości niż 36Hz, należy ją wymienić na inną z rodziny TFMS). W momencie, gdy na odbiornik pada odpowiednio zmodulowana wiązka podczerwieni, na wyjściu TFMS pojawiają się ujemne impulsy elektryczne, które poprzez potencjometr PR1 ładują kondensator C2. Gdy napięcie na tym kondensatorze wzrośnie do napięcia przełączania się bramki U1A, na jej wyjściu zmieni się stan z zera na jedynkę. Rezystorem nastawnym PR1 możemy ustawić czas, po jakim ma nastąpić przełączenie bramki. Sygnał ten zostanie podany na wejście zegarowe przerzutnika JK (działającego jako dzielnik przez dwa), czego skutkiem będzie zmiana stanu niskiego na wysoki,



spowoduje to otwarcie tranzystora 1, a co za tym idzie włączenie przekaźnika (urządzenia podłączonego do wyjścia). Stan włączonego przekaźnika sygnalizuje dioda LED2. Gdy na wyjściu Q pojawi się stan niski przekaźnik zostanie wyłączony.

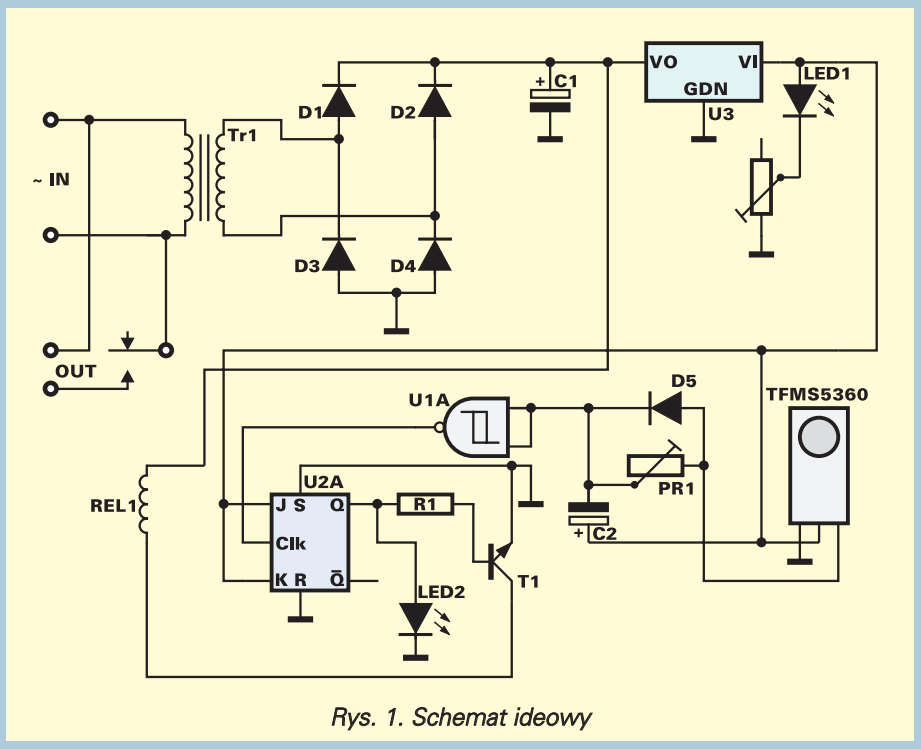
Zwolnienie przycisku na pilocie spowoduje pojawienie się stanu wysokiego na wyjściu TFMS, który to poprzez diodę D5 oraz rezystor nastawny rozładuje kondensator C2. Kolejne przełączenie może nastąpić dopiero po ustabilizowaniu się stanu kondensatora.

Wykaz elementów

Rezystory
R1: 2,2kΩ
PR1: 4,7kΩ
PR2: 1kΩ

Kondensatory
C1: 1000µF/16V
C2: 47µF/16V

Półprzewodniki
D1-D4: 1N4001...7
D5: 1N4148
T1: dowolny NPN np. BC 548
LED1, LED2: dowolne diody LED
U1: CMOS 4093
U2: CMOS 4027
U3: CMOS 7805
REL1 RM81 12V
TR1 TS 2/15



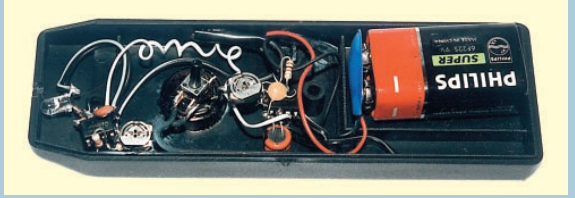
Rys. 1. Schemat ideowy

Do zasilania układu zastosowałem standardowy transformator, prostowniczy mostek diodowy, kondensator stabilizujący oraz stabilizator napięcia 7805 obniżający napięcie z około 15V do 5V, wymagane przez TFMS. Obecność napięcia na układzie sygnalizuje dioda kontrolna LED1. Do diody podłączyłem rezystor nastawny umożliwiający sterowanie intensywnością świecenia diody.

Stosując przekaźniki na niższe napięcia można jego drugie wprowadzenie z cewki podłączyć za stabilizatorem napięcie (na schemacie przed stabilizatorem). W tym przypadku prąd płynący przez stabilizator będzie wynosił około 100mA, co jest granicą od której należy stosować radiatory (omawiam stabilizator w obudowie TO-220).

Urządzenie posiada na obudowie przycisk umożliwiający ręczne sterowanie układem. W tym wypadku zastosowałem mikrostyk bezpośrednio połączony z wejściem zegarowym przerzutnika JK (przełącznik nie jest umieszczony na schemacie). Aby ręczne sterowanie układem było bardziej komfortowe, należy pokusić się o zrobienie prostego układu odkłócającego. Mimo iż zastosowałem mikrostyk, czasami następują odbicia między stykami nieco komplikujące obsługę urządzenia.

Innym udogodnieniem jakie zastosowałem jest możliwość przemieszczania odbiornika TFMS. Opcja ta jest szczególnie przydatna, gdy gniazdko elektryczne znajduje się w miejscu, gdzie nie docierają sygnały z pilota. W takim przypadku można wyciągnąć odbiornik i poprzez niedługi przewód umieścić go w bardziej dogodnym miejscu.



Przydatnym elementem jest również gniazdo, w którym umieszczony jest odbiornik. Umożliwia on łatwą wymianę elementu TFMS, gdy okaże się, iż częstotliwość nadawania pilota jest inna niż częstotliwość przyjmowana przez ten element.

Do układu przełącznika dołączyłem pilot zdalnego sterowania przeznaczony wyłącznie do tego układu. Przy sterowaniu tym pilotem nie występuje kilkusekundowe (opisane wcześniej) opóźnienie.

c.d. na str. 22

FORUM CZYTELNIKÓW

c.d. ze str. 20

Fakt ten wynika z tego, iż piloty RTV wysyłają informacje „porcjami" o częstotliwości kilkunastu herców. Pilot dołączony do układu w ciągu sekundy wysyła o wiele więcej takich „porcji", więc kondensator C2 ładuje się znacznie szybciej.

Pilot jest zrealizowany na dwóch popularnych układach NE555. Jeden z nich generuje częstotliwość 36kHz, a drugi kilkudziesięciu herców. Zastosowałem nietypowe połączenie tych elementów. Zasilanie pierwszego generatora jest podłączone do wyjścia generatora drugiego. W momencie, gdy na wyjściu generatora nr 2 jest stan wysoki, generator pierwszy generuje impulsy nośne.

Warta opisu jest także metoda jaką wykorzystałem do wykonania płytki drukowanej. Zastosowałem opisywaną w „Forum Czytelników" EdW 11/96, metodę przenoszenia odbitki xero na laminat. Odbity na przezroczystą folię układ ścieżek, przełożyłem do wcześniej rozgrzanej żelazkiem płytki laminatowej. Folię delikatnie oderwałem, gdy płytka była jeszcze letnia (toner zdążył dobrze przenieść się na miedź, a folia była jeszcze wystarczająco elastyczna). Rezultat był rewelacyjny. Cała odbitka idealnie przeniosła się na płytkę. Należy jednak zwrócić uwagę, aby xero miało wystarczająco mocny kontrast (przez folię nie powinno przenikać światło). Najlepsze efekty uzyskuje się, gdy czarny nadruk wykonuje się na kopiarce kolorowej (toner jest nanoszony grubą warstwą).

Układ mój może stać się bardzo wygodnym urządzeniem nie tylko dla osób, które aby wieczorem wstać z łóżka i zgasić światło potrzebują silnej motywacji, lecz przede wszystkim dla osób starszych i niepełnosprawnych, dla których taka czynność może być niemałym wysiłkiem.

Uwaga!

Po każdorazowym włączeniu układu do sieci oraz dokonaniu przełączenia należy odczekać około 5 sekund w celu ustabilizowania się układu.

Dawid Gnida, Chorzów

część 2

Tranzystory dla początkujących

Przed miesiącem przygotowaliśmy solidny grunt pod zrozumienie działania tranzystora. Dziś poznasz kilka ważnych zagadnień i wreszcie wykrzykniesz: „Tranzystor? Ależ to takie proste!". Zanim to nastąpi, musisz koniecznie zrozumieć pojęcie źródła prądowego.

Źródło prądowe

W dotychczasowych rozważaniach chciałem ci utrwalić wyobrażenie, że napięcie możemy rozumieć jako wynik przepływu prądu przez opór, a nie tylko prąd jako wynik działania napięcia.

Nieprzypadkowo we wstępie do poprzedniego artykułu zasygnalizowałem ci pojęcie źródła prądowego. Już samo słowo „źródło" coś sugeruje. Źródło to czynnik pierwotny, sprawczy, dający jakieś skutki...

Czy już chwyciłeś o co chodzi?

Do tej pory znałeś tylko **źródło napięciowe**.

Najpierw rozszerz więc swoje horyzonty analizując podobieństwa i różnice **źródła napięciowego** i **źródła prądowego**.

Na początek małe i łatwe pytanko: czy w sklepie można kupić źródło napięciowe?

Gdy zapytasz o coś takiego, to sprzedawca popatrzy na ciebie dziwnym wzrokiem i zapyta, czy chodzi ci o jakieś baterie. Rzeczywiście. Bateria, akumulator, czy zasilacz, to różne odmiany źródeł napięciowych tyle, że nie są to źródła doskonałe.

W każdym razie określenie **źródło napięciowe** wskazuje na coś, co samo w sobie jest źródłem napięcia.

Rzeczywiście, każda bateria, akumulator czy zasilacz ma jakieś napięcie nominalne. A prąd? Prąd nas mniej obchodzi – o wartości prądu zadecyduje przecież wielkość dołączanego potem obciążenia.

Źródło napięciowe już znasz, ale teraz masz przyswoić sobie pojęcie **źródła prądowego**.

Na **rysunku 4** znajdziesz często używany symbol źródła prądowego. W literaturze spotyka się różne symbole źródła prądowego. My będziemy się posługiwać tym z rysunku 4. Bardzo często na schematach strzałką oznacza się kierunek przepływu prądu (cały czas rozmawiamy o obwodach prądu stałego, a nie zmiennego).

Rys. 4. Symbol graficzny źródła prądowego

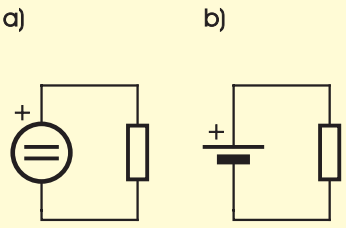
Teraz może zbuntujesz się i powiesz, że w żadnym sklepie nie można kupić elementu zwanego źródłem prądowym. Można kupić baterie, rezystory, kondensatory, tranzystory, układy scalone, ale nie źródło prądowe. A jak nie ma w sklepach, to po co to całe gadanie?

Rzeczywiście, **źródło prądowe** jest tworem cokolwiek egzotycznym, ale nie masz racji. Bądź cierpliwy.

Mój kochany, jeśli naprawdę chcesz rozumieć elektronikę, to od początku musisz się przyzwyczaić do tego, że w elektronice często stosujemy pewne uproszczenia i wyobrażamy sobie pewne doskonałe modele. Właśnie takim modelem jest doskonałe źródło napięciowe. W tym przypadku chyba nie masz zastrzeżeń i problemów ze zrozumieniem. Na **rysunku 5** znajdziesz dwie wersje tego samego schematu: doskonałe źródło napięciowe współpracuje z rezystorem.

Dlaczego na rysunkach 5a i 5b odmiennie zaznaczono źródło napięcia?

Symbol źródła z rysunku 5a stosujemy do teoretycznych rozważań – tak oznaczmy doskonałe źródło napięciowe, model nie występujący nigdzie w rzeczywistości. Natomiast symbol źródła napięcia z rysunku 5b powszechnie stosujemy do



Rys. 5. Obwody ze źródłem napięciowym

oznaczania rzeczywistych źródeł napięcia, takich jak bateria, akumulator czy nawet zasilacz.

Być może jeszcze nie chwytasz jaka jest różnica między doskonałym i niedoskonałym źródłem napięcia.

To proste!

Doskonałe źródło napięciowe to taki hipotetyczny element, który jest źródłem napięcia o określonej wartości. Napięcie to jest ustalone i ani trochę nie zależy od prądu, jaki pobierany jest ze źródła. Wartość prądu płynącego przez rezystor jest określona wzorem

$$I = \frac{U}{R}$$

Uważaj teraz: takie doskonałe źródło napięcia teoretycznie może dostarczać prądu o natężeniu od zera do wartości nieskończenie wielkiej, a napięcie zawsze pozostawać takie same.

Jeszcze raz powtarzam: oczywiście nikt nigdy nie widział doskonałego źródła napięciowego, a mimo to pojęcie takie często stosujemy w rozważaniach i obliczeniach teoretycznych.

A czym różni się niedoskonałe, czyli rzeczywiste źródło napięcia?

Wiesz z doświadczenia, że z baterii nie można pobierać nieskończenie dużego prądu. Już dołączenie żarówki do małej baterii powoduje zmniejszenie napięcia na jej zaciskach. Jak to zjawisko uwzględnić przy teoretycznych obliczeniach? Czy próbować jakoś zapisać, że napięcie wyjściowe baterii (niedoskonałego źródła) jest zależne od pobieranego prądu?

Można coś takiego wymyślić, ale dużo prostsze i łatwiejsze do intuicyjnego pojęcia jest wyobrażenie sobie, że niedoskonałe źródło napięcia w rzeczywistości składa się z doskonałego źródła napięciowego i szeregowej rezystancji wewnętrznej Rw. Pokazano to na **rysunku 6**. Napięcie w elektronice oznacza się zwykle literą U, jednak w przypadku doskonałego źródła napięcia stosuje się literkę E. Zapewne już słyszałeś o czymś takim jak siła elektromotoryczna, w skrócie SEM. Owa siła elektromotoryczna to napięcie doskonałego źródła napięciowego. Natomiast napięcie rzeczywistej baterii jest równe sile elektromotorycznej tylko przy zerowym poborze prądu. Przy zwiększaniu prądu zwiększa się spadek napięcia na rezystancji Rw i tym samym użyteczne napięcie baterii zmniejsza się. Nie masz chyba wątpliwości, że rezystancja wewnętrzna Rw malutkiej 12-woltowej bateryjki jest dużo, dużo większa, niż 12-woltowego akumulatora samochodowego.

Zauważ jeszcze, że wartość Rw wyznacza pewien maksymalny prąd, który można pobrać z niedoskonałego źródła. Ten maksymalny prąd płynący przy zwarciu zacisków źródła (czyli przy zerowym napięciu użytecznym) ma wartość Imax = E / Rw. Większego prądu z rzeczywistego źródła napięcia pobrać się po prostu nie da! Zapamiętaj ten wniosek, bo będzie ci jeszcze potrzebny.

W praktyce, ze względów ekonomicznych, prąd pobierany z rzeczywistego źródła powinien być mniejszy niż połowa tego prądu maksymalnego Imax..

Teraz przechodzimy do **źródła prądowego**.

Jeśli już teraz potrafisz wyobrazić sobie element elektroniczny, który sam w sobie byłby źródłem prądu o stałym natężeniu, to właśnie masz przed sobą (idealne czyli doskonałe) źródło prądowe.

Oczywiście podobnie jak doskonałe źródło napięciowe, tak i doskonałe źródło prądowe jest modelem... nieistniejącego urządzenia. Choć nie ma doskonałych źródeł prądowych, niektóre elementy oraz układy elektroniczne w pewnych warunkach zachowują się jak niedoskonałe źródła prądowe. Dlaczego niedoskonałe? To już oddzielny problem, którym zajmiemy się troszkę później.

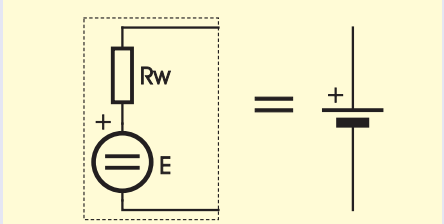
Na **rysunku 7** znajdziesz schemat obwodu zawierającego źródło prądowe współpracujące z rezystorem.

Co możesz powiedzieć o napięciu źródła prądowego?

Najpierw pomyśl samodzielnie...

Wróć do modelu hydraulicznego – nie masz chyba wątpliwości, że hydraulicznym odpowiednikiem źródła prądowego byłaby to pompka o stałej wydajności.

Uważaj teraz, bo z nadmiaru emocji możesz spaść z krzesła:
podobnie jak w przypadku idealnego źródła napięciowego (gdzie prąd zależny był od dołączonego z zewnątrz obciążenia i mógł wynosić od zera do nieskończoności), analogicznie w **idealnym źródle prądowym, napięcie zależy jedynie od dołączonego obciążenia i może wynosić od zera do nieskończoności**!



Rys. 6. Niedoskonałe źródło napięciowe

Jak to, napięcie może być dowolnie duże???

Tak, wyobraź sobie, że teoretycznie tak. Dokładnie tak samo, jak prąd pobierany z idealnego źródła napięcia może mieć nieskończenie wielką wartość.

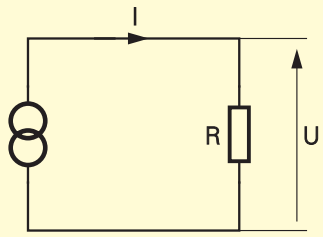
A niby skąd się weźmie to napięcie?

W przypadku hydraulicznej analogii, źródło prądowe to taka pompka, która ma stałą wydajność, czyli choćby nie wiem co, musi przepompować określoną ilość wody. Jeśli napotyka na opór, to ciśnienie wzrasta dotąd, aż przepisana ilość wody przeciśnie się przez ten opór (jakąś szczelinę).

Możesz sobie podobnie wyobrażać, że idealne źródło prądowe ze swej natury musi zapewnić przepływ prądu i gdy napotka na opór, wtedy napięcie się zwiększa.

Nie ma tu nic tajemniczego – po prostu znów kłania się prawo Ohma. Wszystko to dzieje się zgodnie ze znanym wzorem

$$U = I \times R$$



Rys. 7. Źródło prądowe obciążone rezystorem

Gdy do źródła prądowego dołączony zostanie mały opór (rezystancja), to przepływ prądu wytworzy na tej rezystancji niewielkie napięcie, zgodnie z powyższym wzorem. Jeśli rezystancja będzie duża, to i napięcie będzie duże.

> Czym większy opór jest dołączony do źródła prądowego, tym większe jest napięcie wytwarzane przez źródło na tym oporze, zgodnie ze wzorem:
>
> **U = I×R**

Koniecznie utrwal sobie takie rozumienie sprawy. Jeszcze raz kłania się wyobrażenie przyczyny i skutku.

Teraz już chyba doskonale intuicyjnie wyczuwasz, że napięcie, zależnie od sytuacji możemy rozumieć nie tylko jako przyczynę, ale także jako skutek przepływu prądu przez rezystancję. Wybie-

ramy taki punkt widzenia, jaki akurat bardziej pasuje do aktualnych rozważań.

Jeśli zrozumiałeś sprawę źródła prądowego, to właśnie w tej chwili otworzyłeś sobie drogę do zrozumienia zasady działania układów zawierających tranzystory (i nie tylko).

W zasadzie już teraz mógłbym przejść do omawiania tranzystora, ale przypuszczam, że abstrakcyjny model źródła prądowego mógłby okazać się dla ciebie trochę zbyt trudny. Przecież realne układy zasilane są określonym napięciem i słusznie intuicja ci podpowiada, że napięcie nie może tam rosnąć w nieskończoność. Słusznie!

Ale jeśli czytałeś „Listy od Piotra" sprzed roku, to dowiedziałeś się, że w obwodach zawierających cewki (indukcyjność), napięcia mogą być wyższe niż napięcie zasilania. Czy coś podobnego może zdarzać się w tranzystorach?

Nie! Napięcia w obwodach z tranzystorami (nie zawierającymi cewek) nie mogą być większe, niż napięcie zasilania.

Żeby więc nie wpuścić cię w ślepy zaułek, podam ci jeszcze jedną ilustrację.

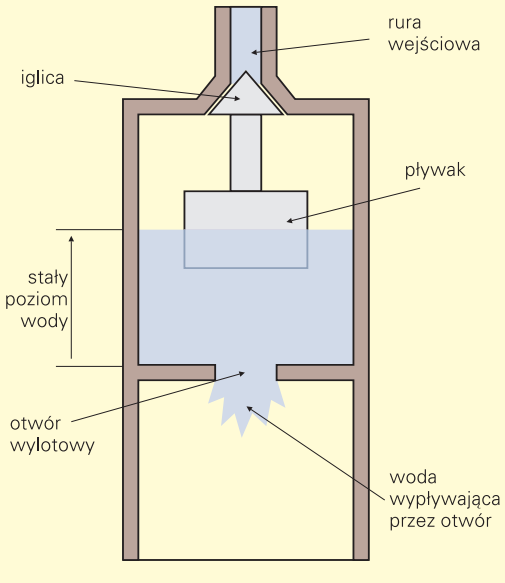
Gaźnik

Przypomnimy sobie teraz zasadę działania gaźnika samochodowego. Zaskoczyłem cię? Tak, gaźnika samochodowego!

Bardzo uproszczony schemat gaźnika znajdziesz na **rysunku 8**. Zasadę działania zapewne znasz, więc odpowiedz na pytania:

Czy poziom benzyny wewnątrz gaźnika zależy od ciśnienia benzyny na wejściu?

Oczywiście, że nie! Czy ciśnienie jest bardzo małe, czy bardzo duże, pływak i współpracująca iglica dbają o to, by w gaźniku zawsze utrzymywał się jednakowy poziom benzyny.



Rys. 8. Zasada działania gaźnika samochodowego

Mamy oto stały poziom benzyny. Teraz odpowiedz na pytanie, od czego zależy ilość paliwa wypływającego przez otwór wylotowy?

Może trochę uproszczę sprawę, jeśli powiem, że ilość wypływającej benzyny zależy od wielkości tego otworu wylotowego. W samochodzie rzecz wygląda inaczej, bo w grę wchodzi podciśnienie w kolektorze ssącym i wiele innych czynników, ale my nie studiujemy budowy samochodu, tylko szukamy hydraulicznej analogii tranzystora.

Dlatego zastanów się, czy przekonuje cię wniosek, że ilość wypływającej benzyny będzie zależeć od wielkości tego otworu wylotowego, a zupełnie nie będzie zależeć od ciśnienia benzyny na wejściu gaźnika (przed iglicą)? Zgadzasz się?

W porządku!

Teraz nasz gaźnik zamykamy do czarnej skrzynki i... zapominamy, co się w tej skrzynce znajduje. Nie będziemy się też bawić z benzyną, bo jest łatwopalna i łatwo o nieszczęście. Jeśliby się ta benzyna zapaliła, to spłonąłby ten egzemplarz EdW i nigdy nie zrozumiałbyś do końca działania tranzystora. Dlatego zamiast benzyny, do dalszych doświadczeń będziemy używać wody.

Wracajmy do naszej czarnej skrzynki. Już zdążyliśmy zapomnieć, co jest w jej wnętrzu.

Dołączamy naszą czarną skrzynkę do instalacji wodociągowej i... nie możemy wyjść z podziwu, co to za historia: bez względu na ciśnienie w instalacji, z wylotowej rury woda wypływa zawsze w jednakowym tempie.

Próbujemy zmieniać ciśnienie na wejściu... i nic! Tempo przepływu wody przez czarną skrzynkę jest zawsze takie same, niezależnie od ciśnienia!

Otrzymaliśmy źródło o stałej wydajności.

Teraz wracamy do obwodu elektrycznego. Czy istnieje jakiś elektryczny odpowiednik naszej czarnej skrzynki, w którym niezależnie od przyłożonego napięcia, płynąłby prąd o takim samym natężeniu?

Może jakiś stabilizator? Istotnie, jest to po prostu stabilizator prądu.

Stabilizator prądu po przyłożeniu napięcia przepuszcza prąd o ściśle określonym natężeniu. Chyba nie masz trudności z wyobrażeniem sobie takiego elementu. Przyjmij do wiadomości, że na przykład produkowane są specjalne elementy (układy scalone), które mają takie właściwości, np. LM334.

Zauważ, że taki stabilizator w zasadzie jest... źródłem prądowym! Przecież prąd przez niego płynący jest ustalony i niezależny od napięcia. Oczywiście taki stabilizator sam w sobie nie jest źródłem prądu, bo nie jest magazynem energii. Ponadto napięcie na nim nie może rosnąć w nieskończoność, a tylko do wartości równej napięciu zasilającemu. Niemniej jednak w pewnych warunkach, dla obserwatora zewnętrznego, zachowanie stabilizatora prądu wcale nie różni się od zachowania „prawdziwego" źródła prądowego.

Teraz zapamiętaj ważną informację: **w praktyce źródłem prądowym nazywamy nie tylko „prawdziwe" źródło prądowe, będące magazynem energii, ale również element lub układ, którego prąd nie zmienia się pod wpływem przyłożonego napięcia**.

Powiem więcej – w większości wypadków mówiąc „źródło prądowe" będziemy myśleć właśnie o stabilizatorze prądu, czyli po prostu elemencie lub układzie elektronicznym o stałej wydajności prądowej, niezależnej od napięcia zasilającego.

Jak się słusznie domyślasz, od takiego stabilizatora prądu już tylko krok do tranzystora.

Tranzystor jako sterowane źródło prądowe

Właściwie ten tytuł już mówi wszystko. Krótko mówiąc, tranzystor trzeba traktować jako sterowane źródło prądowe.

Zanim zaczniemy to analizować, znajdźmy jednak dla naszego tranzystora jakąś hydrauliczną analogię.

Przed chwilą opowiadałem ci trochę o gaźniku. Idźmy tym tropem.

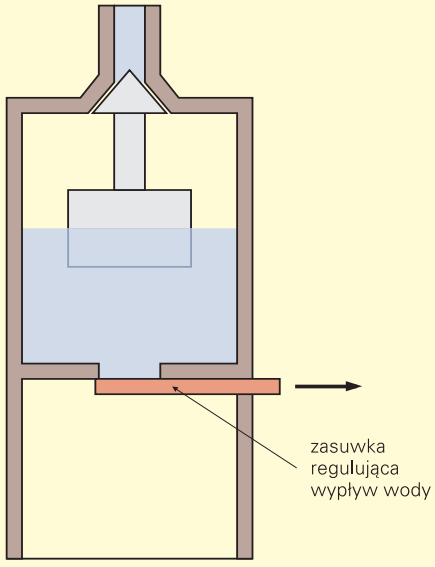
Na **rysunku 9a** masz coś podobnego, jak na rysunku 8, tyle że dodałem możliwość regulacji przekroju otworu wylotowego. Przesuwając zasuwkę mogę teraz regulować szybkość wypływu wody przez ten otwór, a tym samym napływu wody przez kanał wejściowy.

Mamy więc urządzenie podobne do omówionego wcześniej źródła prądowego: wydajność, czyli przepływ wody zależy tylko od ustawienia zasuwki, jest natomiast niezależna od ciśnienia w kanale wejściowym.

Elektrycznym odpowiednikiem takiego urządzenia jest sterowane źródło prądowe, które na schematach ma oznaczenie pokazane na **rysunku 9b**.

Poznałeś oto sterowane źródło prądowe. Świetnie! Ale to jeszcze nie wszystko.

Co w tranzystorze jest czynnikiem sterującym wartością prądu źródła prądowego?

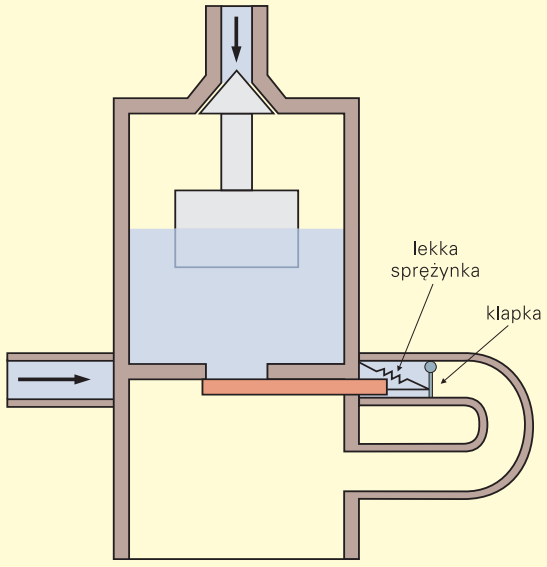


Rys. 9a. Gaźnik z regulacją

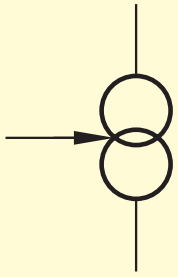
A odchylenie klapki oznacza otwarcie zasuwki i przepływ wody przez „gaźnik". Przez „gaźnik" zaczyna płynąć woda. Ilość tej wody zależy od stopnia otwarcia klapki, czyli od ilości wody przepływającej przez dodatkowy kanał. Wszystko jest tak dobrane, że już niewielki przepływ wody przez ten kanał powoduje znaczne otwarcie klapki i przepływ znacznie większego strumienia wody przez gaźnik.

I oto mamy hydrauliczny model tranzystora w pełnej krasie!

Dokładnie tak samo jest z przepływem prądu w tranzystorze pokazanym na **rysunku 11**. Niewielki prąd płynący od bazy do emitera uchyla jakąś tam „klapkę" i umożliwia przepływ znacznie większego prądu od kolektora do emitera.



Rys. 10. Hydrauliczny model tranzystora



Rys. 9b. Sterowane źródło prądowe

Popatrz na **rysunek 10**. Uzupełniamy takie sterowane źródło o niewielki kanał z klapką, która jest połączona z zasuwką. Niewielka i słaba sprężynka powoduje, że w stanie spoczynku klapka zamyka przekrój kanału, a zasuwka całkowicie zamyka wylot „gaźnika". Tym samym przez nasz „gaźnik" nie może płynąć żaden prąd, bo pływak i iglica skutecznie zamykają kanał wejściowy.

Ale oto wpuszczamy wodę do dodatkowego kanału z klapką. Już niewielkie ciśnienie wody wystarczy, by przezwyciężyć siłę sprężynki i odchylić klapkę.

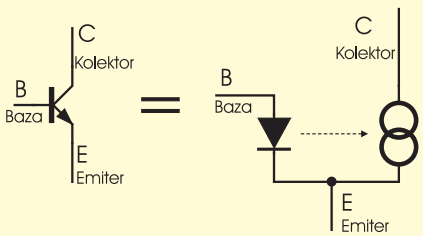
Ten pierwszy, mały prąd, nazywany prądem bazy i oznaczamy I_B, natomiast ten drugi, duży prąd, nazywamy prądem kolektora i oznaczamy I_C. Oczywiście oba te prądy spływają się w obwodzie emitera, więc możemy zapisać:

$$I_E = I_C + I_B$$

Prąd bazy możemy nazwać prądem sterującym, a prąd kolektora – prądem sterowanym. Jeśli zmienia się prąd bazy, to proporcjonalnie zmienia się prąd kolektora.

Jeśli czytałeś listy od Piotra sprzed roku, to nie zdziwi cię, że klapka ze sprężynką, przepuszczająca prąd w jednym kierunku, jest odpowiednikiem diody. Stąd na rysunku 11 pojawił się symbol diody.

Oczywiście prąd sterujący I_B jest znacznie mniejszy niż prąd sterowany I_C, inaczej cała ta zabawa nie miałaby sensu.



Rys. 11. Model tranzystora jako źródła prądowego sterowanego prądem

Stosunek prądu kolektora do prądu bazy nazywamy wzmocnieniem tranzystora i często oznaczamy grecką literą beta (β).

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

W katalogach spotyka się inne oznaczenie wzmocnienia prądowego – w postaci h_{21E}. Odpowiedź na pytanie, skąd się wzięło to „ha dwadzieścia jeden e" i dlaczego spotyka się zarówno h_{21E}, jak i h_{21e} wykracza jednak poza ramy tego artykułu.

Na razie wystarczy żebyś wiedział, iż obecnie produkowane typowe tranzystory małej mocy mają współczynnik wzmocnienia prądowego powyżej 100, a często można spotkać tranzystory o wzmocnieniu 500 i więcej.

I co? Przejaśniło ci się wreszcie pod sufitem? Przez najbliższy miesiąc ciesz się, że wreszcie zrozumiałeś z grubsza działanie tranzystora, a w następnym odcinku znajdziesz wiele kolejnych ważnych wiadomości o tranzystorach.

Piotr Górecki

KONKURS

Wiem, że ten artykuł będą czytać także bardziej zaawansowani czytelnicy. Dla nich wszystkie podane informacje są oczywiste. Co innego jednak rozumieć temat, a co innego przekazać wiadomości innym.
Dla wszystkich, których wiedza daleko przekracza ramy podane w artykule, a nie zanudzili się na śmierć i dotarli aż do tego miejsca, proponuję drobny konkurs:

Narysujcie hydrauliczny model tranzystora MOSFET oraz tranzystora JFET.

W przypadku tranzystora MOSFET trzeba jakoś przedstawić szkodliwą pojemność wejściową C_{GS}, a w przypadku JFETa – złącze kanał-bramka.

Autorzy najlepszych propozycji otrzymają nagrody książkowe.

Termin nadsyłania prac upływa w momencie pojawienia się następnego, marcowego wydania EdW.

Pierwsze kroki w cyfrówce

część 12

Przerzutniki

Na początek uporządkujmy sobie trochę sprawę nazewnictwa.

Sama nazwa przerzutnik niewiele mówi. Ogólnie biorąc, pod tym hasłem rozumiemy proste układy logiczne, mające dwa stany wyjściowe. Pod ogólną nazwą przerzutnik kryją się różne urządzenia o zupełnie odmiennym działaniu. Zauważ, że może tu powstać pewien galimatias w nazewnictwie.

1. Wcześniej mówiliśmy o generatorach. Generator przebiegu prostokątnego ma dwa stany (wysoki i niski), a żaden z nich nie jest stanem stabilnym. Generatory cyfrowe czasami nazywane są przerzutnikami astabilnymi (czyli niestabilnymi) lub nawet generatorami astabilnymi. Inna spotykana nazwa generatora przebiegu prostokątnego to multiwibrator. Proponuję, byśmy trzymali się ogólnej nazwy generator, a nie mieszali tu określenia przerzutnik.
2. Omówiliśmy układy mające jeden stan stabilny, generujące po pobudzeniu jeden impuls. Układy takie często nazywane są uniwibratorami, monowibratorami, przerzutnikami monostabilnymi, przerzutnikami jednostabilnymi, a czasami także generatorami monostabilnymi lub generatorami jednostabilnymi.
   Proponuję i tu nie używać określenia przerzutnik, a pozostać przy nazwie uniwibrator.
3. Trzecią grupą przerzutników są układy bistabilne, inaczej dwustabilne, czyli mające dwa stany stabilne. Po przerzuceniu wyjścia w dany stan (wysoki albo niski), wyjście może pozostać w tym stanie przez dowolnie długi czas.
   Umówmy się, że w dalszej części artykułu przerzutnikami będziemy nazywać tylko układy bistabilne.
4. W literaturze często spotyka się nazwę przerzutnik Schmitta. Chodzi o układ bramki logicznej z histerezą.

Nie nazywajmy tego przerzutnikiem – pozostańmy przy określeniu bramka lub inwerter Schmitta.

W tym odcinku zajmiemy się trzecią grupą – układami bistabilnymi.

Przeczytałeś przed chwilą, że taki przerzutnik ma dwa stabilne stany wyjściowe. Ale o co tu chodzi?

Najprościej mówiąc przerzutnik jest prostym układem pamiętającym. Możemy do niego (na jego wyjście) wpisać jeden z dwóch stanów logicznych (wysoki lub niski) i przerzutnik będzie pamiętał ten stan aż do wpisania innego stanu lub do chwili wyłączenia zasilania.

Zapamiętaj więc, że przerzutnik w zasadzie jest najprostszym elementem pamiętającym.

Istnieje kilka typów podstawowych przerzutników, zaraz je poznasz, ale już teraz wiedz, iż różnią się one sposobem sterowania, czyli sposobem zmiany stanów wyjściowych.

Kiedyś poinformowałem cię, że bramki są podstawowymi cegiełkami wszelkich układów logicznych i cyfrowych. Właśnie, każdy przerzutnik można wykonać z kilku lub kilkunastu bramek. Czasami tak robimy, ale tylko w przypadku przerzutników najprostszych. Częściej wykorzystujemy gotowe przerzutniki produkowane jako układy scalone.

W każdym razie przerzutniki wyznaczają kolejny stopień skomplikowania układów logicznych. Są bardziej skomplikowane niż bramki. Ale pojedyncze przerzutniki są swego rodzaju cegiełkami – trochę większymi niż bramki, ale też w sumie bardzo drobnymi cegiełkami. Już teraz przyjmij do wiadomości, że wszelkie liczniki zbudowane są właśnie z odpowiednio połączonych przerzutników. To samo dotyczy rejestrów, o których niedługo dowiesz się czegoś więcej.

Natomiast typowe pamięci niekoniecznie składają się z przerzutników, choć przerzutnik jest elementem pamiętającym. Taka na przykład pamięć EPROM, o której na pewno słyszałeś, z przerzutnikami nie ma praktycznie nic wspólnego.

Informacje wstępne

W przypadku bramek mamy do czynienia z bramkami prostymi (AND, OR), oraz z bramkami z negacją stanu wyjściowego (NAND, NOR). Chyba nie spotkałeś bramki, która jednocześnie miałaby dwa wyjścia: proste i zanegowane (układy scalone zawierające takie twory istnieją, ale są bardzo rzadko używane). Stany obu wyjść są zawsze przeciwne, a zmiany na nich następują praktycznie w tym samym momencie (z dokładnością do kilku, najwyżej kilkunastu nanosekund). Mówimy, że są to wyjścia komplementarne, czyli dopełniające.

W przerzutnikach jest inaczej: bardzo często przerzutnik ma dwa wyjścia: proste i zanegowane.

Zapamiętaj: każdy przerzutnik ma przynajmniej jedno wyjście główne: proste, niezanegowane, oznaczane zwykle literą Q. Drugie wyjście – zanegowane (jeśli występuje) oznaczane jest Q z kreską nad literą. W programach służących przygotowaniu naszego czasopisma do druku trudno jest wpisywać kreskę nad literą Q i zamiast tego piszemy Q\ czyli dużą literę Q i pochyłą kreskę – tak zwany backslash (czyt. bekslesz). Zapamiętaj więc, że Q z kreską nad literą i Q\ oznacza to samo – wyjście zanegowane.

Zapamiętaj też pewne przyjęte określenia.

Wpisanie **wysokiego poziomu logicznego** (jedynki) na główne, niezanegowane wyjście nazywane jest **ustawieniem** przerzutnika (po angielsku set). Natomiast wpisanie na to główne wyjście stanu **niskiego** (zera logicznego), nazywane jest **wyzerowaniem** przerzutnika (po angielski reset).

Czasem, zwłaszcza w układach scalonych zawierających więcej niż jeden przerzutnik, nie wpisuje się przy wyprowadzeniach wyjściowych liter Q, stosuje się natomiast typowe oznaczenia, z którymi się już spotkałeś w bramkach – zwykła kreska przedstawia wyjście proste, kreska z kółeczkiem oznacza wyjście zanegowane.

Wbij to sobie do głowy raz na zawsze! Pomocą niech będzie **rysunek 83**.

Istnieje kilka rodzajów przerzutników. Różnią się one sposobem wpisywania i zerowania wyjścia. Omówimy teraz ich działanie i pokażę ci, jak wykorzystuje się je w praktyce.

Zaczynamy!

Przerzutnik RS

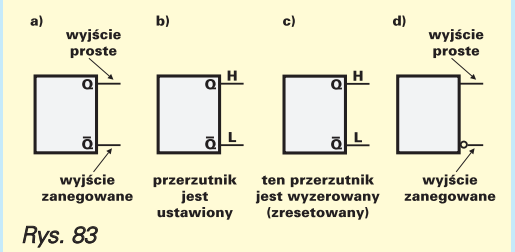
Podstawowy symbol przerzutnika RS jest pokazany na **rysunku 84a**.

Działanie tego przerzutnika jest beznadziejnie proste: pobudzenie wyjścia S (Set – ustaw) ustawia przerzutnik, czyli wpisuje na wyjście Q wysoki stan logiczny. Natomiast pobudzenie wejścia R (Reset – zeruj) zeruje przerzutnik, czyli wpisuje na wyjście Q stan niski. To w zasadzie wszystko. Proste?

Jak drut!

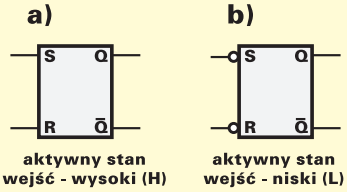
Ale zapytasz może, co to znaczy pobudzenie? Słusznie!

Dla niektórych przerzutników RS pobudzenie to podanie na wejście stanu wysokiego, dla innych – niskiego.



Rys. 83

Możemy tu mówić o stanie spoczynkowym i stanie aktywnym (stanie pobudzenia) tych wejść. Jeśli stanem spoczynkowym jest stan niski, a stanem aktywnym wysoki, to mówimy, że są to wejścia proste (niezanegowane). Jeśli stanem aktywnym jest stan niski, to dla późniejszej łatwiejszej analizy działania układu na wejściach przerzutnika rysujemy kółeczka oznaczające negację – pokazuje to **rysunek 84b**.



Rys. 84

Czy jednak koniecznie musimy mówić o stanie spoczynku i stanie aktywnym wejść? Chyba dopuszczalne są cztery kombinacje stanów wejściowych:

LL
LH
HL
HH

W zasadzie masz rację, że na wejściach mogą pojawić się wszystkie cztery kombinacje. Jednak jednej z nich należy w miarę możliwości unikać. Dlaczego?

Jak sądzisz, co się stanie przy jednoczesnym podaniu na wejścia Set i Reset stanu aktywnego? Jak zareaguje przerzutnik?

No właśnie! Z podanej wcześniej definicji przerzutnika RS nie wynika, co się wtedy stanie. Wszystko zależy od budowy wewnętrznej takiego przerzutnika. W praktyce okazuje się, że poszczególne przerzutniki RS reagują na to nietypowe wymuszenie różnymi stanami na wyjściach. Na przykład na obu wyjściach może pojawić się wtedy stan wysoki. W innym przerzutniku RS na obu wyjściach może pojawić stan niski. W niektórych podręcznikach takie podanie na oba wejścia stanu aktywnego nazywa się stanem zabronionym. Nie znaczy to, że przerzutnik ulegnie wtedy uszkodzeniu, albo zdarzy się coś podobnego. Nic strasznego się nie stanie, ale wyjścia przestaną pełnić swoje przepisowe role i zazwyczaj nie będą wyjściami komplementarnymi.

W każdym razie unikaj podawania stanu aktywnego na oba wejścia przerzutnika RS jeśli nie wiesz dokładnie, jak zareaguje on na takie schizofreniczne wymuszenie.

Jeśli nie wiadomo, co dzieje się na wyjściach w stanie zabronionym, to może zapytasz, po co utrudniać życie wprowadzając różnego typu przerzutniki – wystarczyłby jeden przerzutnik z wejściami jednego typu, reagujący na dwa stany aktywne w ściśle określony sposób.

Jak się za chwilę dowiesz, nie jest to wcale utrudnianie życia. Przerzutniki RS realizowane są w różny sposób, niektóre realizacje pozwalają szybko określić reakcję przerzutnika na stan zabroniony. Popatrz na **rysunek 85**. To są właśnie dwa przykłady realizacji przerzutnika RS za pomocą bramek NOR albo NAND (ale przerzutnika RS nie można zbudować z bramek OR ani AND – zastanów się dlaczego).

Działanie przerzutników z rysunku 85 musisz dobrze poznać, bo często będziesz je stosował w swoich konstrukcjach.

Przeanalizujmy działanie przerzutnika zbudowanego z bramek NOR (rysunek 85a). Stanem spoczynkowym wejść przerzutnika jest stan niski. Załóżmy, że w pewnej chwili podajemy stan aktywny (wysoki) na wejście oznaczone S. Niezależnie od stanu drugiego wejścia bramki A, na wyjściu tej bramki (wyjście Q\) na pewno pojawi się stan niski. Tym samym na obydwu wejściach bramki B pojawi się stan niski. Na wyjściu tej drugiej bramki wystąpi więc na pewno stan wysoki. Nawet gdy po chwili z wejścia S zniknie stan aktywny (znów pojawi się stan niski), to stan wysoki z wyjścia bramki B zapewni pozostanie wyjścia bramki A w stanie niskim. Ewentualne następne impulsy na wejściu S nic nie zmienią.

Jeśli jednak przy obecności stanu niskiego na wejściu S, pojawi się stan aktywny (wysoki) na wejściu R, to stan wyjść Q i Q zmieni się na przeciwny. Ewentualne następne impulsy na wejściu R nic w tej sytuacji nie zmienią. Dopiero impuls aktywny na wejściu S znów zmieni stan wyjść.

A co się stanie, gdy na oba wyjścia podamy stan wysoki (aktywny)?

Przeanalizuj to samodzielnie!

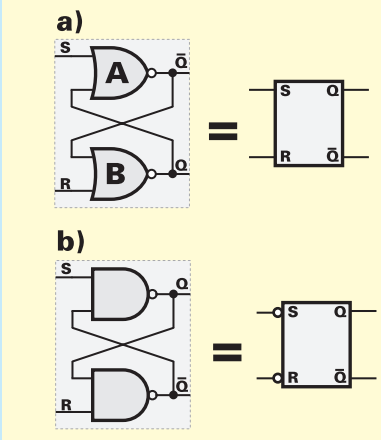
Nie bój się, nic się nie zepsuje, ani nie wybuchnie! Rzeczywiście, na obu wyjściach pojawi się po prostu stan niski. I co dalej?

Dalej wszystko będzie zależeć od tego, które wejście pierwsze powróci do stanu spoczynkowego, a które pozostanie w stanie aktywnym choćby odrobinkę dłużej. O stanie wyjść zadecyduje to wejście, na którym stan aktywny pozostawał choć odrobinę dłużej.

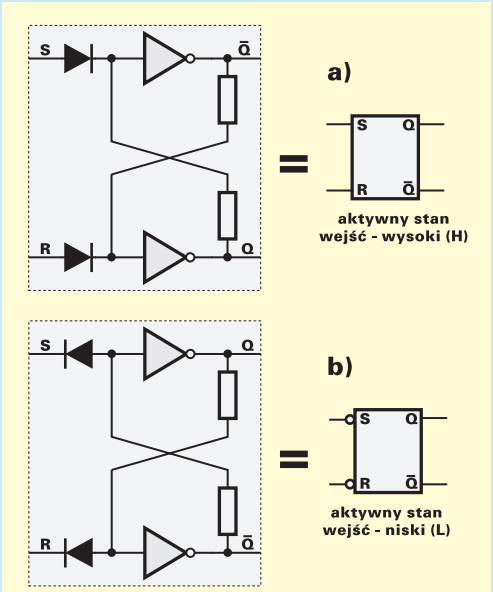
Sam to dokładnie przeanalizuj, bo jest to ważna sprawa praktyczna.

Tak samo starannie przeanalizuj, jak działa przerzutnik RS zbudowany z bramek NAND (rysunek 85b), bo na pewno będziesz taki przerzutnik często stosował.

Na **rysunku 86** podałem ci schematy przerzutników RS zbudowanych z inwerterów. Ten nietypowy sposób realizacji przerzutnika także przydaje się w praktyce.

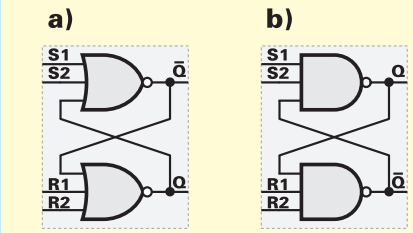


Rys. 85



Rys. 86

Czasami do budowy przerzutników RS stosuje się bramki wielowejściowe. Zastanów się, w jakich warunkach zmieniają stany wyjściowe przerzutniki z **rysunku 87**.



Rys. 87

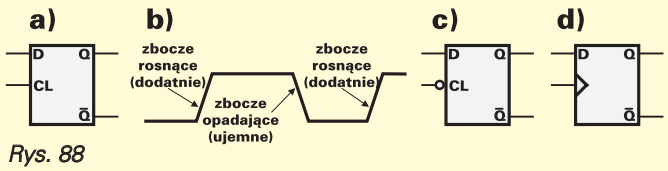
Powinieneś też pamiętać, że kostki CMOS4043 i 4044 zawierają po cztery proste przerzutniki RS (4043 z bramek NOR, 4044 z bramek NAND). Dodatkową zaletą tych kostek jest obecność na wyjściach buforów trójstanowych i wejścia sterującego ENABLE, które, jeśli jest w stanie niskim, powoduje ustawienie wszystkich wyjść w stanie trzecim, czyli odcina te wyjścia i zachowują się one wtedy jak nie podłączone końcówki. Układy 4043 i 4044 są często wykorzystywane w praktyce – zainteresuj się nimi.

Przerzutnik D

Symbol przerzutnika D znajdziesz na **rysunku 88a**. Wejście D nazywa się wejściem informacyjnym lub wejściem danych (od angielskiego Data), a wejście CL – wejściem zegarowym (od ang. CLock). Często zamiast CL, spotyka się równoznaczny napis CLK.

Działanie przerzutnika D też jest beznadziejnie proste.

Stan wejścia D jest wpisywany (inni mówią przepisywany) na wyjście Q w momencie, gdy na wejściu zegarowym występuje **aktywne zbocze**. Mówimy, że przerzutnik D jest **wyzwalany zboczem**. Inaczej było w przypadku przerzutników RS, bo tam o stanach wyjściowych decydowały poziomy, a nie zbocza.



Rys. 88

Uważaj! Pojawiło się nowe pojęcie! Oprócz aktywnego poziomu, tu mamy do czynienia z aktywnym zboczem.

Zbocze to moment zmiany stanu logicznego. Gdy stan zmienia się z niskiego na wysoki mówimy o zboczu rosnącym (często w literaturze nazywanym zboczem dodatnim). Gdy stan zmienia się z wysokiego na niski, mamy zbocze opadające, inaczej ujemne – porównaj **rysunek 88b**.

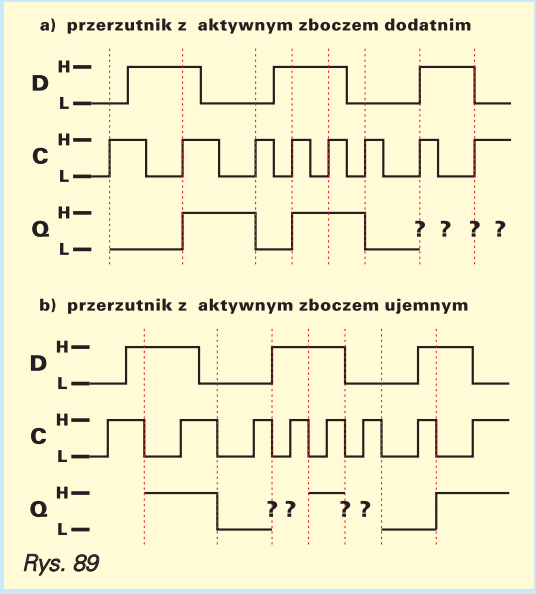
W przerzutniku D pojawiła się pewna nowość. O ile w przerzutnikach RS stan wyjścia zmieniał się pod wpływem **poziomu** sygnału wejściowego, o tyle w przerzutniku D zmiany związane są z aktywnym **zboczem** czyli zmianą stanu sygnału zegarowego.

W przerzutnikach tylko jedno zbocze (rosnące albo malejące) jest zboczem aktywnym.

Zapamiętaj! **W przerzutnikach zawsze tylko jedno ze zboczy jest aktywne**. Jeśli aktywne jest zbocze opadające (ujemne), to na symbolu przerzutnika przy wejściu zegarowym rysujemy kółeczko oznaczające negację – zobacz **rysunek 88c**. Zapewne zauważyłeś, że kółeczko zawsze oznacza negację albo „coś odwrotnego". Na przykład w bramkach i podobnych układach kółeczko na wejściu oznacza, że poziomem aktywnym jest poziom niski (stan niski – L). Nie przegap, że tym razem nie chodzi o poziom, tylko o zbocze – zbocze ujemne (opadające).

Często, w przerzutnikach (oraz niektórych bardziej złożonych układach) żeby uwidocznić wejście zegarowe reagujące nie na poziom tylko na zbocze, rysuje się przy takim wejściu coś podobnego do strzałki – wygląda to mniej więcej tak, jak na **rysunku 88d**. W niektórych katalogach wejście zegarowe oznaczane jest nie literami CL lub CLK, tylko literą T. Zapamiętaj i tę informację.

Na **rysunku 89a** znajdziesz przebiegi ilustrujące działanie przerzutnika D, gdzie zbocze rosnące jest zboczem aktywnym (czyli przerzutnika z rysunku 88a). Na **rysunku 89b** – przerzutnika ze zboczem aktywnym ujemnym (z rysunku 88c). Zauważ, że na obu rysunkach przebiegi na wejściach są identyczne. Pionowymi czerwonymi liniami przerywanymi zaznaczyłem aktywne zbocza. W miejscach, gdzie są znaki zapytania, nie wiadomo, jaki stan został wpisany do przerzutnika, bo sygnał na wejściu informacyjnym D zmieniał się akurat podczas aktywnego zbocza sygnału zegarowego. Ale nie martw się – do przerzutnika na pewno nie zostanie wtedy wpisana żadna pośrednia wartość napięcia – na pewno będzie to albo „czysty" stan niski, albo wysoki, problem jedynie w tym, że nie sposób określić, jaki to będzie stan. W praktyce takie sytuacje zdarzają się rzadko, bo oba zbocza muszą wystąpić (powiedzmy w uproszczeniu) w tym samym momencie z dokładnością do miliardowych części sekundy.



Rys. 89

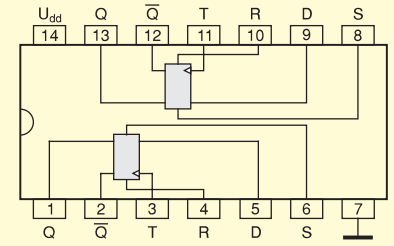
Teraz kolejna ważna sprawa. Przy okazji omawiania bramek wkładałem ci do głowy, że bramki nie lubią na wejściach powolnych zmian napięcia, czyli łagodnych zboczy (na wyjściach bramek mogą pojawić się wtedy pasożytnicze drgania). Tym bardziej przerzutniki wymagają ostrych zboczy na wejściu zegarowym. Obraz z rysunku 88b może być mylący, sugerując że zbocza te mogą być nachylone, czyli łagodne. Naturalnie w rzeczywistości nie ma idealnie stromych zboczy. Można przyjąć w uproszczeniu, że dla układów rodziny CMOS 4000 zbocza sygnału zegarowego powinny trwać krócej niż 1 mikrosekundę. Czy to dużo, czy mało? Na przykład w układach logicznych CMOS typowe czasy narastania (i opadania) zboczy wynoszą kilkadziesiąt nanosekund (poniżej 0,1 mikrosekundy) – tym samym zupełnie nie trzeba się martwić, gdy sygnał zegarowy wytwarzany jest przez inny układ CMOS. Problemy mogą wystąpić tylko wtedy, gdy sygnał zegarowy wytwarzany jest gdzie indziej, a nie przez układ CMOS (lub TTL). Tym problemem zajmiemy się w jednym z następnych odcinków.

Teraz idziemy dalej. Nie będę ci podawał sposobów realizacji przerzutnika D z bramek. Mnie ktoś kiedyś w szkole wkładał to do głowy. Nie ma to najmniejszego sensu! Nikt zdrowy na umyśle nie będzie budował przerzutnika D z bramek, jeśli ma do dyspozycji gotowe kostki zawierające takie przerzutniki. Na **rysunku 90** znajdziesz układ wyprowadzeń kostki 4013, zawierającej dwa przerzutniki D. Zapoznaj się dokładnie z tą kostką, bo jest to układ bardzo często używany w amatorskich konstrukcjach.

Zauważ, że przerzutniki D z tej kostki oprócz wejść CL i D, mają także poznane wcześniej wejścia R i S.

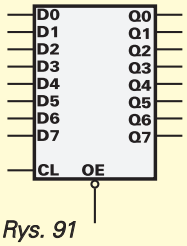
Tak! Przerzutniki D z kostki 4013 (a także z kostek rodziny TTL, np. 7474) mogą pracować również jako przerzutniki RS. I co ciekawe, wejścia R, S mają pierwszeństwo przed wejściami D i CL. To znaczy, jeśli przykładowo wymusisz na wyjściu Q stan niski, podając na wejście R na stałe stan aktywny, to nie uda się wpisanie w tym czasie do przerzutnika sygnałem zegarowym CL stanu wysokiego z wejścia D.

Powinieneś też wiedzieć, co dzieje się na wyjściach po podaniu na oba wejścia R i S kostki 4013 stanu aktywnego (wysokiego). Otóż na obu wyjściach pojawia się wtedy stan wysoki.



Rys. 90

Oprócz pojedynczych przerzutników D produkuje się także zespoły takich przerzutników, mających połączone wejścia zegarowe. Układy takie stosowane są w sprzęcie komputerowym – podczas dodatniego zbocza zegara jednocześnie wpisywany jest do przerzutników cały bajt danych. Na **rysunku 91** możesz zobaczyć blokowy schemat wewnętrzny układów 74374 i 74574, zawierających po osiem przerzutników typu D ze wspólnym wejściem zegarowym. Oba układy mają identyczną budowę wewnętrzną, a różnią się jedynie rozkładem wyprowadzeń – częściej używane są kostki 574. Niewykluczone, że kiedyś przydadzą ci się takie kostki, zapamiętaj, że takowe istnieją.



Rys. 91

Pojedyncze przerzutniki z kostek 4013 będziesz wykorzystywał rozmaicie: czasem jako przerzutniki RS (na jedno wychodzi: budować dwa przerzutniki z kostki 40001 czy 4011, albo wykorzystać układ 4013), czasem jako D, czasem w obu tych rolach (tak!), a często jeszcze inaczej – o tym dowiesz się w następnych odcinkach. Jeśli nie będziesz wykorzystywał wejść R i S, nie zapomnij, że musisz je zewrzeć do masy (stanem spoczynkowym jest niski). **Nigdy nie pozostawiaj żadnych nie podłączonych wejść kostek wykonanych w technologii CMOS**.

Jeśli nie będziesz wykorzystywał wejść D i CL, powinieneś je podłączyć do plusa zasilania albo do masy. Nie ma to znaczenia, czy będzie to plus czy masa, bo przecież zmiany następują tylko podczas aktywnego zbocza na wejściu CL.

Piotr Górecki

Przetwornice impulsowe

Potworki i straszydła

W ubiegłym miesiącu zapoznałem cię wstępnie z pojęciem napięcia magnetycznego, czyli siły magnetomotorycznej SMM (prąd płynący w uzwojeniu cewki pomnożony przez liczbę jej zwojów) i prądu magnetycznego (strumień magnetyczny).

Strumień magnetyczny wyobrażamy sobie trochę dziwnie: nie jako przepływ jakichś „magnetycznych elektronów", tylko jako ilość wytworzonych linii pola magnetycznego. Pamiętaj tylko, że te „linie" są jedynie pewną analogią, która ma nam pomóc zrozumieć następne ważne pojęcie, mianowicie pojęcie indukcji magnetycznej.

Zanim dojdziemy do indukcji magnetycznej i natężenia pola magnetycznego, niejako przy okazji, bliżej zapoznamy się z pojęciem indukcyjności.

Wróćmy więc do wzoru na energię, na którym wcześniej utknęliśmy:

$$E = \frac{z \times \Phi \times I_1}{2}$$

Ponieważ teraz już wiemy, że:

$$\Phi = \frac{z \times I \times \mu \times S}{l}$$

Podstawiamy Φ do wzoru na energię:

$$E = \frac{z \times \left[\frac{z \times I \times \mu \times S}{l}\right] \times I_1}{2}$$

Spokojnie! Nie bój się! Zauważ, że prąd I ze wzoru na strumień to przecież prąd I_1. W cewce płynie tylko jeden prąd (ściślej biorąc chodzi o chwilową wartość prądu na koniec czasu t_1 z rysunku 7). Możemy więc uporządkować równanie:

$$E = \frac{z^2 \times I^2 \times \mu \times S}{2l}$$

Równanie to można zapisać troszeczkę inaczej:

$$E = \frac{\frac{z^2 \times \mu \times S}{l}}{2} \times I^2$$

Przyjrzyj się dobrze temu wzorowi.

Zatrybiłeś?

Przecież to jest znany ci od dawna wzór

$$E = \frac{L \times I^2}{2}$$

gdzie

$$L = \frac{z^2 \times \mu \times S}{l}$$

Czy jednak tylko po to, by wyprowadzić ten znany wzór na indukcyjność, tak strasznie cię męczyłem? Skądże! Wzór moglibyśmy po prostu wziąć z jakiejś mądrej książki. Ja chciałem, byś zobaczył czarno na białym (prawie białym), co to jest indukcyjność. Obaj czuliśmy przez skórę, że indukcyjność cewki nie jest pojęciem pierwotnym, tylko czymś bardziej złożonym – teraz masz tego dowód.

Jak widzisz, indukcyjność cewki rośnie z kwadratem (drugą potęgą) liczby zwojów z. Indukcyjność zależy od wymiarów rdzenia: tak zwanej drogi magnetycznej l i przekroju rdzenia S. Zależy też od przenikalności materiału rdzenia μ – czym większa przenikalność, tym większa indukcyjność.

A więc wygląda na to, że dobra cewka powinna mieć możliwie gruby i „pękaty" rdzeń (duża wartość S, mała l) wykonany z materiału o dużej przenikalności magnetycznej μ.

Zbytnio się nie ciesz, że poznałeś ten wzór. Niestety, prawie wcale nie używa się go w praktyce. Przyczyną jest przenikalność μ, której wartość dla materiałów ferromagnetycznych, jak się jeszcze dowiesz, wcale nie jest stała, ani jednoznacznie określona.

Jeśli weszliśmy w temat tak głęboko, to informuję, że indukcyjność, którą do tej pory ogólnie określaliśmy „zdolnością cewki do przeciwstawiania się zmianom prądu", teraz możemy ściślej nazwać współczynnikiem proporcjonalności między strumieniem (skojarzonym) a prądem wywołującym ten strumień. Mówiąc obrazowo, indukcyjność wskazuje, jak skutecznie dana cewka „zamienia" prąd elektryczny w uzwojeniu, na prąd magnetyczny, czyli strumień w rdzeniu.

Jeśli nie wierzysz i chcesz się przekonać, że tak jest, to rozwiń poniższy wzór:

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

W praktyce ani ostatni wzór, ani podana przed chwilą definicja nie będą ci potrzebne, więc potraktuj to jako ciekawostkę.

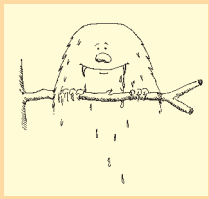
Jako ciekawostkę możesz potraktować także poniższe informacje.

Dobrze wiesz, że jednostką indukcyjności jest henr. Być może spotkałeś się z definicją henra: cewka ma indukcyjność jednego henra, jeśli przy jednostajnej zmianie prądu o 1 amper w ciągu jednej sekundy, indukuje się w niej napięcie samoindukcji równe 1 wolt.

A więc mówiąc fachowo – wymiarem indukcyjności jest wolt razy sekunda przez amper. A ponieważ wolt przez amper to om, mówi się, że henr to omosekunda

$$[L] = \frac{V \times s}{A} = \frac{V}{A} \times s = \Omega \times s$$

Ta omosekunda strasznie mąci początkującym obraz sprawy, sugerując, że henr ma bliski związek z omem.



Nie daj się na to nabrać – nie mieszaj tu żadnej rezystancji i żadnych omów. Żeby sobie nie zamieszać w głowie, możesz spokojnie przyjąć, że henr nie ma praktycznie żadnego związku z omem (choć nie jest to tak do końca prawdą; wystarczy przypomnieć sobie wzór na reaktancję cewki).

Nieprzypadkowo wspomniałem ci też wcześniej, że strumień Φ ma związek z napięciem i czasem – proszę bardzo: wymiarem strumienia jest woltosekunda (Vs), zwana również weberem.

Dziwne, prawda? Co to jest woltosekunda? Co to jest omosekunda? Jak to rozumieć intuicyjnie? Jak to sobie wyobrazić?

Nie przejmuj się zbytnio (tym bardziej, jeśli jesteś nowicjuszem i zupełnie nie wiesz, co to jest ten wymiar, o którym wspomniałem)! Pocieszę cię. Wcale nie musisz do końca rozumieć tych spraw. Wystarczy, że zrozumiesz ogólne zależności, które właśnie ci tłumaczę.

W każdym razie widzisz, że zależności związane z magnetyzmem są rzeczywiście zadziwiające i wcale nie najłatwiejsze. Dlatego na temat cewek piszę ci już n-ty list, a z takimi na przykład kondensatorami poradziliśmy sobie w dwóch krótkich listach.

Teraz przechodzimy dalej.

W poprzednich miesiącach doszliśmy do wniosku, że w danej cewce można zmagazynować ograniczoną ilość energii, i że dla każdej cewki możemy określić pewien prąd maksymalny. Wyszło nam, że zwiększanie prądu powyżej tej maksymalnej wartości nie powoduje zwiększania ilości zgromadzonej energii. W analogii z magnesikami wszystko było jasne (równoległe ustawienie wszystkich magnesików). A teraz?

Gdzie we wzorze na energię

$$E = \frac{\frac{z^2 \times \mu \times S}{l}}{2} \times I^2$$

masz to ograniczenie?

Pomyśl! Powinno, a nawet musi tu być.

Jeśli twierdzisz, że to ograniczenie musi tkwić w przenikalności μ, masz rację! Właśnie przenikalność reprezentuje właściwości materiału, czyli w naszej wcześniejszej analogii – sprężystość i kąt odchylenia elementarnych „magnesików na sprężynkach".

Zróbmy więc kolejny krok – spróbujmy rozprawić się z przenikalnością.

Wróć do rysunków 11 i 12. Jeszcze raz przypomnę wzory

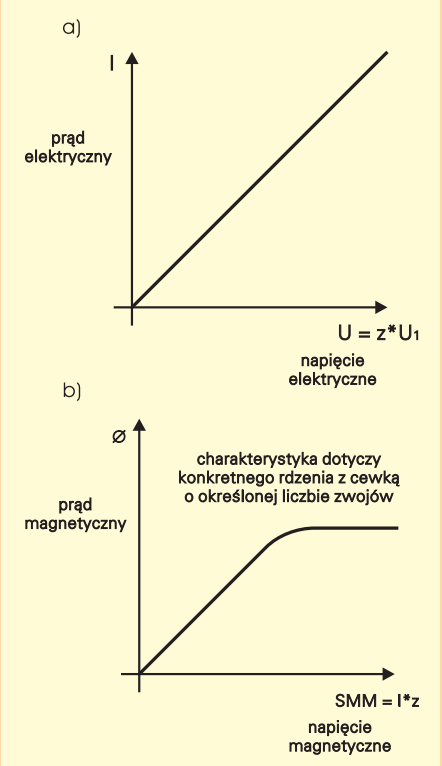
$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_1 \times z}{\frac{l}{\gamma \times S}}$$

$$\Phi = \frac{SMM}{Rm} = \frac{I \times z}{\frac{l}{\gamma \times S}}$$

W obwodzie elektrycznym wraz ze wzrostem napięcia (U = z×U1), proporcjonalnie wzrasta prąd I. Zaznaczymy to na **rysunku 13a**. Wykresem zależności prądu od napięcia jest prosta. Dla konkretnego obwodu elektrycznego prosta ta (a właściwie jej nachylenie) reprezentuje rezystancję R, a także właściwości materiału, czyli współczynnik γ (bo S i l są niezmienne). Wartość γ jest stała.

Inaczej jest w obwodzie magnetycznym. Tu prąd magnetyczny, czyli strumień nie będzie liniowo wzrastał ze wzrostem czynnika wymuszającego, czyli napięcia magnetycznego (SMM=I×z). Kłaniają się nasze „magnesiki na sprężynkach". Gdy wszystkie się wyprostują, dalsze zwiększanie czynnika wymuszającego nic, albo niewiele zmieni.

A więc jedynie w zakresie zmian prądu od zera do pewnej wartości, strumień magnetyczny proporcjonalnie rośnie. Dla pewnej wartości prądu osiągniemy stan nasycenia i dalsze zwiększanie prądu nie zmienia znacząco wartości strumienia. Spróbujmy to zaznaczyć na **rysunku 13b**.



Rys. 13. Zależność prądu od napięcia w obwodach elektrycznym i magnetycznym

Analogicznie, jak na poprzednim rysunku, przedstawiona linia reprezentuje rezystancję magnetyczną, w tym także właściwości materiału, czyli przenikalność μ. Ściślej biorąc, o rezystancji magnetycznej Rm (a tym samym o wartości μ) dla danego prądu I świadczy nachylenie charakterystyki w punkcie odpowiadającym temu prądowi.

Uwaga! To bardzo ważne: wartość μ zależy od wartości prądu! Jak widzisz, przy nadmiernym wzroście prądu (ściślej – przepływu), linia na rysunku 13b przebiega bardzo płasko, czyli przenikalność μ radykalnie się zmniejsza. Oczywiście tym samym zmniejsza się także indukcyjność cewki.

Teraz pomału przechodzimy do praktyki. Czy już widzisz, że jeśli chcesz zaprojektować cewkę do jakiegoś konkretnego zastosowania, będziesz musiał zmieścić się w początkowym, stromym obszarze charakterystyki. Jedynie w takim zakresie prądu w cewce i strumienia w rdzeniu, cewka ma, powiedzmy najprościej – dobre właściwości. Jeśli przekroczysz ten liniowy zakres, cewka radykalnie straci swoje właściwości (indukcyjność) i zapewne przestanie pełnić przepisaną rolę.

Co robić? Zapewne intuicja ci podpowiada, że dla bezpieczeństwo trzeba zwiększyć rdzeń. Bardzo słusznie! Ale chyba nie o to chodzi – zgodnie z powszechnymi tendencjami, twoim zadaniem jest zaprojektować cewkę możliwie małą.

Zaprojektować cewkę...

Czyli w zależności od konkretnych potrzeb, musisz dobrać rdzeń, liczbę zwojów, grubość drutu, żeby ci się wszystko zmieściło na karkasie, żeby pracować na początkowym, liniowym odcinku charakterystyki (magnesowania).

Nie jest to wcale takie proste, bo jak skrzętnie zaznaczyłem na rysunku 13b, wykres dotyczy rdzenia o konkretnych wymiarach S, l z cewką o liczbie zwojów z. Jak znam życie, gdy będziesz próbował zaprojektować cewkę, inne będą wartości S, l i z, a tym samym rysunek 13b okaże się zupełnie bezużyteczny.

Fatalna sprawa! Tu właśnie zaczynają się schody i to dość strome schody.

Co robić?

Uważaj! Jedynym ratunkiem byłoby takie przedstawienie zależności czynnika wymuszanego od czynnika wymuszającego, które charakteryzowałoby tylko właściwości materiału, a w jakiś sposób omijało zależność od powierzchni S, długości l i liczby zwojów z.

Jak to zrobić?

Poszukamy jakiegoś uogólnienia.

Za chwilę dowiesz się, dlaczego w praktyce używa się pojęcia natężenia pola magnetycznego H i indukcji magnetycznej B, a znacznie rzadziej strumienia Φ i przepływu Θ.

Indukcja magnetyczna

Zacznijmy od wzoru

$$\Phi = \frac{SMM}{Rm} = \frac{I \times z}{\frac{l}{\mu \times S}}$$

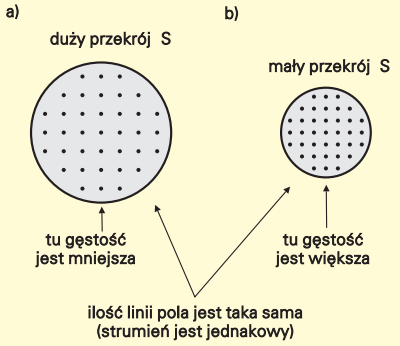
Przeanalizujmy jeszcze raz powyższy wzór i rysunki 9 i 12b (z poprzedniego odcinka).

Spróbujmy pozbyć się zależności od powierzchni S.

Nic trudnego!

Zauważ, że strumień Φ zamyka się w rdzeniu o powierzchni przekroju poprzecznego S. Inaczej mówiąc, pewna ilość „linii pola" przypada na powierzchnię przekroju poprzecznego rdzenia. Zakładając, że linie te rozmieszczone są w rdzeniu równomiernie, możemy mówić o **gęstości linii pola**, jako ilości linii przypadającej na jednostkę powierzchni.

Pewna ilość linii przy dużej powierzchni przekroju daje małą gęstość. Ta sama ilość linii pola przy małym przekroju rdzenia daje dużą gęstość linii. Pokazałem ci to na **rysunku 14**.



Rys. 14. Indukcja magnetyczna jako gęstość strumienia (linii pola) w rdzeniu

I właściwie dopiero w tym miejscu mamy bardziej precyzyjne odniesienie do analogii z magnesikami i sprężynkami. Stopień odchylenia magnesików to nie tyle ilość linii pola, ale właśnie ich gęstość, czyli ilość linii przypadających na pole przekroju poprzecznego rdzenia. Gdy wszystkie magnesiki ustawią się już równolegle, to uzyska się maksymalną dla danego materiału gęstość linii pola. Większej gęstości praktycznie nie da się już osiągnąć.

Nadążasz za mną?

Żebyś się nie zgubił przypominam: o ilości zgromadzonej energii decyduje ilość linii (czyli strumień magnetyczny Φ). Ale dla każdego materiału ferromagnetycznego istnieje pewna granica. Nie chodzi tu jednak o ilość linii, czyli strumień, tylko o wspomnianą gęstość.

Dlaczego gęstość, a nie ilość?

Jeśli będziemy zwiększać pole przekroju poprzecznego rdzenia (czyli w sumie objętość materiału i ilość „elementarnych magnesików), to możemy uzyskać praktycznie dowolnie duży strumień. Ale my szukamy teraz sposobu scharakteryzowania materiału, a nie konkretnego rdzenia z tego materiału o przekroju S.

Właśnie po to, by uniezależnić się od powierzchni przekroju trzeba mówić nie o **ilości**, tylko o maksymalnej **gęstości linii** (ilość linii przypadającej na jednostkę powierzchni przekroju poprzecznego S).

A jak fachowo nazwać tę gęstość linii?

„Ilość linii" to w rzeczywistości strumień Φ. Wprowadzamy oto pojęcie gęstości strumienia, czyli iloraz

$$\frac{\Phi}{S}$$

gdzie S to oczywiście pole przekroju poprzecznego rdzenia.

Ten iloraz nazywa się fachowo **indukcją magnetyczną i oznacza dużą literą B**.

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

Proste?

O wielkości zwanej indukcją magnetyczną na pewno już kiedyś słyszałeś, tylko prawdopodobnie nie wyobrażałeś jej sobie jako gęstości linii pola magnetycznego. I jeszcze jedno: Nie pomyl tej wielkości, zwanej indukcją magnetyczną, z omawianym wcześniej zjawiskiem indukcji elektromagnetycznej, czyli z powstawaniem napięcia w przewodniku (cewce) pod wpływem zmian pola magnetycznego. To są dwie zupełnie odrębne sprawy. Tak samo nie myl indukcyjności z indukcją.

Jednostką indukcji magnetycznej B jest tesla – nazwa pochodzi od nazwiska kolejnego znanego odkrywcy. Jeśli jednostką strumienia jest weber – woltosekunda, więc tesla to weber na metr kwadratowy, lub inaczej woltosekunda na metr kwadratowy. Nie przestrasz się – nawet nie musisz tego pamiętać.

Powinieneś natomiast dokładnie, raz na zawsze zrozumieć sens pojęcia indukcji magnetycznej B.

Powtarzam jeszcze raz: indukcja to stosunek strumienia do powierzchni przekroju obejmującego ten strumień. Śmiało możesz sobie wyobrażać indukcję jako gęstość linii pola. W analogii z magnesikami i sprężynkami stopień uporządkowania magnesików odpowiada właśnie indukcji. Gdy wszystkie magnesiki ustawione są równolegle, gęstość linii, czyli indukcja, jest największa z możliwych (większa być nie może). To jest bardzo ważny wniosek praktyczny – dla każdego materiału magnetycznego istnieje jakaś maksymalna indukcja. Nazywa się ją indukcją nasycenia.

Uff! Zapoznałeś się z bardzo ważną wielkością – indukcją magnetyczną.

Jest to ważny parametr. Czego? Ano właśnie – nie konkretnego rdzenia, tylko materiału, z którego zbudowany jest rdzeń.

Świetnie, o to nam chodziło!

Jeśli znamy indukcję, to dla dowolnego rdzenia możemy zmierzyć jego pole przekroju S i wtedy bez trudu obliczymy strumień:

$$\Phi = B \times S$$

Nasze nowe pojęcie, indukcja B, ma oczywiście swój odpowiednik w obwodzie elektrycznym – jest to gęstość prądu. Taki parametr (wyrażany w amperach na metr kwadratowy) jest używany w praktyce, na przykład przez elektryków przy obliczaniu minimalnej grubości przewodów, które mają przewodzić prąd o określonym natężeniu.

Przykładowo, do niektórych zastosowań przyjmuje się dopuszczalną gęstość prądu w przewodzie miedzianym równą 6A/mm^2. Co się stanie po przekroczeniu tej gęstości prądu w przewodzie? W zasadzie niewiele. Chodzi tu przede wszystkim o wzrost temperatury wskutek wydzielania się mocy strat na rezystancji miedzi. Krótko mówiąc, nadmierne zwiększenie gęstości prądu może jedynie doprowadzić do stopienia izolacji i ewentualnie do zwarcia z innym przewodem.

A w obwodzie magnetycznym? Zastanów się sam!

No i do jakiego wniosku doszedłeś?

Tym razem nie chodzi o straty cieplne, tylko o bardzo dziwne zjawisko (nasycenie), które nie występuje w obwodzie elektrycznym. Co by się stało, gdyby takie zjawisko nasycenia występowało w obwodzie elektrycznym?

Usiądź wygodnie. Dziwna rzecz – nie można byłoby wtedy przekroczyć określonej gęstości prądu. Przy próbie zwiększenia prądu w przewodzie, na przykład przez zwiększenie napięcia, prąd by nie wzrastał, bo... rosłaby oporność tego przewodu. Nie byłoby innego sposobu na zwiększenie prądu, jak tylko zwiększenie przekroju (by uzyskać mniejszą gęstość prądu).

Taki właśnie zjawisko ma miejsce w obwodach magnetycznych, a przyczyn możemy upatrywać we wspomnianych wcześniej elementarnych magnesikach.

Mam nadzieję, że zmieści ci się to w głowie.

Piotr Górecki

Mikrokontrolery? To takie proste...

Część 10
Asembler – język maszynowy procesora

W niniejszym odcinku szkoły mikroprocesorowej kończymy omawianie listy instrukcji procesora 8051. Pozostało kilka prostych instrukcji używanych głównie w pętlach programowych oraz instrukcja pusta. W dalszej części artykułu zajmiemy się dokładnym opisem wszystkich podprogramów usługowych monitora – czyli programu komputerka edukacyjnego, który każdy z Was ma zapisany w EPROM-ie swego zestawu. Poznamy tez proste sposoby na wykorzystanie podstawowych zasobów tego programu, dzięki którym możliwa będzie kontrolowana ingerencja we wszystkie mechanizmy dostępne w Twoim systemie edukacyjnym.

Kontynuujemy opis instrukcji z grupy skoków. Pozostała nam do omówienia dość rzadko wykorzystywana przez początkujących programistów, instrukcja skoku względem wskaźnika danych DPTR, dwie instrukcje skoków warunkowych testujących zawartość akumulatora oraz dwa typy instrukcji, które dzięki swojej konstrukcji znajdują najszersze zastosowanie przy porównywaniu zawartości niektórych rejestrów z wartościami stałymi (wykorzystywane np. przy odczycie kodów naciśniętego klawisza) lub w pętlach programowych. Oto one:

JMP A+DPTR

– ang. "Jump Indirect relative to DPTR" – skocz pośrednio względem rejestru DPTR
– w wyniku tej instrukcji następuje skok pod adres będący sumą aktualnej wartości rejestru DPTR (liczba 16–bitowa) i wartości akumulatora (liczba 8–bitowa). Można powiedzieć że skok następuje pod adres w pamięci programu umieszczony w DPTR z przesunięciem podanym w akumulatorze. Przesuniecie to traktowane jest jako liczba bez znaku, czyli z zakresu <0...255>
  PC <– A + DPTR
– kod: 0 1 1 1 0 0 1 1 73h
– cykle: 2 bajty: 1
– przykład: realizacja skoków w miejsca w programie określone poprzez numer w zmiennej "pozycja" (umieszczonej – zadeklarowanej z wewn. RAM procesora)

```
  MOV  A, pozycja              ;załadowanie numeru pozycji
  MOV  B, #2                   ;2 bo instrukcje w tabeli skoków sa
                               2–bajtowe (AJMP)
  MUL  A, B                    ;obliczenie faktycznego ofsetu
                               do tabeli skoków
  MOV  DPTR, #tablica_skokow   ;załadowanie adresu
                               tabeli skoków do DPTR
  JMP  A+DPTR                  ;wykonanie skoku
tablica_skoków:                ;tu zaczyna sie tabela skoków
  AJMP etyk01                  ;tu nastapi skok gdy "pozycja" = 0
  AJMP etyk02                  ;tu nastąpi skok gdy "pozycja" = 1
  AJMP etyk03                  ;tu nastąpi skok gdy "pozycja" = 2
  AJMP etyk04                  ;tu nastąpi skok gdy "pozycja" = 3
  .....                        ;pozostałe instrukcje programu
  .....
etyk01:                        ;właściwe miejsce skoku według pozycji = 0
  .....                        ;tu mozna umieścić instrukcje
etyk02:                        ;właściwe miejsce skoku według pozycji = 1
  .....
etyk03:                        ;właściwe miejsce skoku według pozycji = 2
  .....
etyk04:                        ;właściwe miejsce skoku według pozycji = 3
  .....
```

Poniżej zapoznamy się z instrukcjami skoków warunkowych, które badają warunek zgodności zadanego bajtu w wew. RAM procesora (rejestru) z innym rejestrem lub argumentem bezpośrednim (liczbą). Dwie z nich JZ i JNZ sprawdzają czy w akumulatorze znajduje się liczba zero czy nie i na tej podstawie podejmowana jest decyzja o skoku. Pozostałe instrukcje porównujące wybrane rejestry z innym lub konkretną liczbą znajdują zastosowanie szczególnie w pętlach programowych, gdzie konieczne jest wykonanie n–razy określonej opracji.

JZ rel

– ang. "Jump if Accumulator is Zero", skocz jeżeli w akumulatorze jest liczba 0 (zero)
– sprawdzana jest zawartość akumulatora (A), jeżeli jest równa zero, to do licznika rozkazów PC dodawane jest przesunięcie "rel" – na zasadach takich jak opisano wczesniej przy okazji omawiania poprzednich instrukcji skoków z argumentem "rel" (liczba 8–bitowa ze znakiem w kodzie U2).
  PC <– PC + 2, jeśli A = 0, to PC <– PC + rel
– kod: 0 1 1 0 0 0 0 0 60h
– cykle: 2 bajty: 2 (kod instrukcji 60h + przesunięcie "rel")
– przykład:

```
  MOV   A, B                   ;załadowanie rej. B do Acc celem
                               ;sprawdzenia czy = 0
  JZ    jest_zero              ;jeżeli tak to skok do etykiety "
                               jest_zero"
nie_zero:                      ;jeżeli nie to wykonuj pozostałe instrukcje
  .....
  .....
jest_zero:                     ;tu nastąpi skok jeżeli rej.B był równy zero
  .....                        ;i zostaną wykonane te instrukcje
  .....
```

JNZ rel
– ang. "Jump if Accumulator is Not Zero", skocz jeżeli akumulator nie jest = 0 (zero)
– sprawdzana jest zawartość akumulatora (A), jeżeli jest różna od zera, to do licznika rozkazów PC dodawane jest przesunięcie "rel" – na zasadach takich jak opisano wczesniej przy okazji omawiania poprzednich instrukcji skoków z argumentem "rel" (liczba 8–bitowa ze znakiem w kodzie U2).
PC <– PC + 2, jeśli A <> 0, to PC <– PC + rel
– kod: 0 1 1 1 0 0 0 0 70h
– cykle: 2 bajty: 2 (kod instrukcji 70h + przesuenięcie "rel")
– przykład:

```
   MOV   A, B              ;załadowanie rej. B do Acc celem
                           sprawdzenia czy = 0
   JNZ   nie_zero          ;jeżeli nie to skok do etykiety "nie_zero"
jest_zero:                 ;jeżeli tak to wykonuj pozostałe instrukcje
   .....
   .....
nie_zero:                  ;tu nastapi skok jeżeli rej.B był różny od
                           zera
   .....                   ;i zostaną wykonane te instrukcje
   .....
```

A oto wspomniana wczesniej grupa instrukcji używana głównie w pętlach programowych lub przy zwielokrotnionym sprawdzaniu warunków zgodnosci określonych rejestrów z innym lub z argumentami stałymi. Ogólna postać instrukcji jest następująca:

CJNE <arg1>, <arg2>, rel
– ang. "Compare and Jump if Not Equal", porównaj i skocz jeżeli argumenty porównania nie są sobie równe

W instrukcji tej porównywane sa dwa argumenty: arg1 i arg2. Jeżeli nie są one równe (ich wartości nie sa równe), to do zawartości licznika rozkazów jest dodawane przesunięcie "rel" na zasadach zgodnych z omówionymi wcześniej. W efekcie zostaje wykonany skok w programie. Tu uwaga, skok nastepuje względem instrukcji występującej po instrukcji CJNE. Dodatkowo jest zmieniany znacznik przeniesienia C. I tak, jeżeli w wyniku porównania okaże sie zę argumrent arg1 jest mniejszy od argumentu arg2 to do znacznika C wpisywana jest jedynka (znacznik jest ustawiany), w przeciwnym przypadku znacznik jest zerowany (C=0). W zalezności od typu argumentów instrukcji możliwe są cztery przypadki, oto one.

CJNE A, adres, rel
– porównywany jest akumulator oraz komórka wew. RAM o adresie podanym bezposrednio jako argument "adres"
PC <– PC + 3, jesli A <> (adres), to PC <– PC + rel
dodatkowo: C <– 0 gdy A>= (adres), lub C<–1 gdy A< (adres)
– kod: 1 0 1 1 0 1 0 1 B5h
– cykle: 2 bajty: 3 (kod instrukcji + adres + przesunięcie "rel")
– przykład:

```
   MOV   B,#56
check:
   CJNE  A, B, zwieksz
   SJMP  koniec
zwieksz:
   INC   A
   SJMP  check
koniec:
   CLR   B
   ......
```

W przykładzie tym do rejestru B wpisywana jest liczba 56. Nastepnie sprawdzany jest warunek zgodności akumulatora z rejestrem B, jeżeli nie są sobie równe, to akumulator jest inkrementowany (dodawana jest do niego jedynka) – patrz etykieta "zwieksz". Następnie operacja jest powtarzana od początku – instrukcja "SJMP check". Jeżeli w końcu nastąpi zgodność obu rejestrów, wykonywany jest skok do etykiety "koniec", gdzie rejestr B zostaje wyzerowany.

CJNE A, #dana, rel
– akumulator zostaje porównany z argumentem bezpośrednim (8–bitową liczbą), jeżeli nie są zgodne nastepuje skok.
PC <– PC + 3, jeśli A <> dana, to PC <– PC + rel
dodatkowo: C <– 0 gdy A>= dana, lub C<–1 gdy A< dana
– kod: 1 0 1 1 0 1 0 0 B4h
– cykle: 2 bajty: 3 (kod instrukcji + dana + przesunięcie "rel")
– przykład: niech w zmiennej (rejestrze) "klawisz" będzie przechowywany kod wciśnętego klawisza w systemie mikroprocesorowym (ot choćby w naszym komputerku). Jeżeli chcemy podjąć określone działanie w zależności od rodzaju klawisza, należy przechowywany kod klawisza porównać z konkretna liczbą.

```
czekaj:
   MOV   A, klawisz        ;pobranie kodu wciśniętego klawisza
   CJNE  A, #65, sprB      ;czy wcisnięto klawisz "A" (65 – kod "A")
   ........                ;tak to wykonuj te instrukcje
sprB:
   CJNE  A, #66, sprC      ;nie to czy wciśnięto klawisz "B"
   ........                ;tak to wykonuj te instrukcje
sprC:
   CJNE  A,#67, sprD       ;nie to czy wciśnięto klawisz "C"
   .........               ;tak to wykonuj te instrukcje
sprD:
   CJNE  A, #68,czekaj     ;nie to czekaj na kolejne naciśnięcie
                           klawisza
   .........               ;tak to wykonuj te instrukcje
```

CJNE Rn, #dana, rel
– rejestr Rn (R0...R7) zostaje porównany z argumentem bezpośrednim, jeżeli nie sa zgodne zostaje wykonany skok
PC <– PC + 3, jeśli Rn <> dana, to PC <– PC + rel gdzie n = 0...7
dodatkowo: C <– 0 gdy Rn>= dana, lub C<–1 gdy Rn< dana
– kod: 1 0 1 1 0 n2 n1 n0 gdzie n2 n1 n0 określają jeden z rejestrów R0...R7 stąd kody: B8h....BFh
– cykle: 2 bajty: 3 (kod instrukcji + dana + przesuniecie "rel")
– przykład:

```
   MOV   R4, P1            ;odczytanie stanów z portu P1
   CJNE  R4, #100, nie_100 ;porównanie ich z liczbą 100
   SETB  P3.0              ;równe to ustaw pin 0 portu P3
   ......
nie_100:
   CLR   P3.0              ;nie równe to zeruj pin 0 portu P3
   ......
   ......
```

W przykładzie porównywana jest zawartość rejestru R4 z liczbą 100, jeżeli występuje zgodność, to w porcie P3 zostaje ustawiony najmłodszy bit (pin) P3.0,w przeciwnym przypadku jest zerowany. Jest to prosty przykład komparatora liczby 8–bitowej podawanej na port P1 z zewnątrz ze stałą liczbą (w tym przypadku jest to liczba 100).

CJNE @Ri, #dana, rel
– porównywana jest zawartośc komórki w wew. RAM której adres znajduje sie w rejestrze Ri (R0 gdy i=0, lub R1 gdy i=1) z argumentem bezpośrednim. Jeżeli się różnią to następuje skok.
PC <– PC + 3, jeśli (Ri) <> dana, to PC <– PC + rel gdzie i = 0, 1
dodatkowo: C <– 0 gdy (Ri) >= dana, lub C<–1 gdy (Ri) < dana
– kod: 1 0 1 1 0 1 1 i gdzie i=0, 1 stąd kody: B6h, B7h
– cykle: 2 bajty: 3 (kod instrukcji + dana + przesuniecie "rel")
– przykład: sekwencja instrukcji porównania w postaci:

```
   MOV   R1, #30h
   CJNE  @R1, #255, skocz
   .......
skocz:
   .......
jest równoważna sekwencji
   MOV   A, #255
   CJNE  A, 30h, skocz
   .......
skocz:
   .......
```

przeanalizuj i zastanów sie dlaczego. Podpowiem tylko, że w przykładzie porównywana jest zawartość komórki pamięci wew. RAM z określoną liczbą, przy różnicy wystepuje skok.

Ostatnią instrukcją skoków warunkowych jest polecnie DJNZ. Ogólna postać instrukcji jest następująca:

DJNZ <arg>, rel
– ang. "Decrement and Jump if Not Zero", zmniejsz o jeden i skocz jeżeli nie równe zero
W wyniku tej operacji od wskazanego argumentu "arg" jest odejmowana jedynka (jest on dekrementowany). Jeżeli w wyniku odjęcia wartość argumentu nie jest równa zero, to zostaje wykonany skok zgodnie z zasadami opisanymi wcześniej w przypadku argumentu "rel". Stan

znaczników nie zmienia się. W zależności od typu argumentu rozróżnia się dwa typy instrukcji, oto one.

DJNZ Rn, rel

– zmniejszona zostaje zawartość podanego rejestru Rn (R0...R7) o jeden, a nastepnie jeżeli nie jest równa zero, to następuje skok.
  PC <– PC + 2, Rn <– Rn – 1, gdzie n = 0...7
  jeżeli Rn <> 0, to PC <– PC + rel
– kod: 1 1 0 1 1 n2 n1 n0 gdzie n2 n1 n0 określają jeden z rejestrów R0...R7 stąd kody: D8h...DFh
– cykle: 2 bajty: 2 (kod instrukcji + przesunięcie "rel")
– przykład: sekwencja instrukcji

```
  CLR   A
  MOV   R7, CLR A #26
dodaj:
  ADD   A, #1
  DJNZ  R7, dodaj
  .....
```

jest równoważna poleceniu

```
  ADD   A,#26
```

co w obu przypadkach powoduje dodanie do akumulatora liczby 26.

DJNZ adres, rel

– zmniejszona zostaje zawartość komórki pamięcie wew. RAM o podanym bezpośrednio adresie o jeden, a nastepnie jeżeli nie jest równa zero, to następuje skok.
  PC <– PC + 2, (adres) <– (adres) – 1, jeżeli (adres) <> 0, to PC <– PC + rel
– kod: 1 1 0 1 0 1 0 1 D5h
– cykle: 2 bajty: 3 (kod instrukcji + adres + przesunięcie "rel")
– przykład: sekwencja instrukcji przedstawiona poniżej daje taki sam efekt jak w porzednim przykładzie.

```
  CLR   A
  MOV   B, #26
dodaj:
  ADD   A, #1
  DJNZ  B, dodaj
  .......
```

A teraz pora na naprawdę ostatnią instrukcję z listy poleceń procesora 8051.

NOP

– ang. "No Operation", nie rób nic
– jest to instrukcja, w wyniku której nie zmienia się stan procesora, z wyjątkiem licznika rozkazów którym po pobraniu tej instrukcji jest zwiększany o jeden.
– kod: 0 0 0 0 0 0 0 0 00h
– cykle: 1 bajty: 1
– przykład: sekwencja instrukcji

```
  MOV   A, B
  NOP
  MUL   A, B
```

zajmie procesorowi o 1 cykl maszynowy więcej niz sekwencja

```
        MOV   A, B
        MUL   A, B
```

ale efekt działania będzie taki sam w obu przypadkach.

I na tym kończy się lista instrukcji procesora 8051. Teraz pozostaje juz tylko praktyczne ich wykorzystanie w celu tworzenia programów. Na początku będą to aplikacje na komputerek edukacyjny, który każdy z Was powinien już mieć uruchomiony, potem na dowolne układu elektroniczne, które już sami będziecie konstruować bazując na procesorach serii 8051 I pochodnych.

Pozostaje jeszcze do wyjaśnienia grupa poleceń nie bedących instrukcjami asemblera procesora 8051, lecz będąca deklaracjami przypisania i definiowania ciagów bajtów, akceptowanymi przez wiekszość kompilatorów (w tym zamieszczony na dyskietce AVT–2250/D program PASM51.EXE). Dzięki nim czytanie kodu programu przez programistę jest łatwiejsze, toteż powinni szczególnie pamiętać o tym "komputerowcy". Ze względu jednak na używanie takich poleceń w naszych przykładach, szczególną uwagę powinni zwrócić na te część artykułu także "ręczniacy".

Pierwszą uzyteczną deklaracją jest polecenie "**EQU**" (ang. "equal" – równy, taki sam, tożsamy) – przypisania nazwie występujacej po lewej stronie polecenia wartości z prawej strony, np.

```
  DL1           EQU           78h
```

oznacza że w dalszej części programu przez skrót "DL1" należy rozumieć liczbę szesnastkową 78h (120 dziesiętnie). I tak kompilator oraz "ręczniacy" powinny tłumaczyć (rozumieć) te 3 litery "DL1" jako liczbę 120. I tak jeżeli w dalszej części programu, juz w samym kodzie pojawi sie np. instrukcja:

```
  MOV           DL1, A
```

oznaczać to bedzie to samo co instrukcja

```
  MOV           78h, A
```

Podobnie np. jeżeli zechcemy np. załadować liczbę (nie zawartość komórki spod podanego adresu) 78h np. do rejestru B wykonamy operację:

```
  MOV           B, #DL1
```

co będzie tożsame jako

```
  MOV           B, #78h
```

Znaczek "#" oznacza że mamy do czynienia z argumentem bezpośrednim, czyli liczbą, a nie jak w przykładzie poprzednim z adresem komórki w wewnętrznej pamięci RAM procesora. Warto to zapamiętać.

Dla zapamiętania jeszcze jeden przykład: niech pod adresem F005h w obszarze zewnętrznej przestrzeni adresowej procesora (w jakimś układzie skonstruowanym przez nieznanego elektronika a wykorzystującym procesor 8051) znajduje się 8–bitowy rejestr pracujacy jako wyjście informacji, np. sterujący ośmioma przekaźnikami załączającymi żarówki węża świetlnego – chociażby znany wam już układ 74573. Aby zapalić co drugą żarówkę należy wykonać proste instrukcje zapisu do zewnętrznej pamięci danych, zakładając że rejestr jest zatrzaskiwany pod wpływem (nie bezpośrednio !!!) sygnału /WR – zapisu do ext. RAM procesora. Zadeklarujmy zatem ten specjalny adres jako nazwę pochodzaca od angielskiego słowa "wąż":

```
  SNAKE EQU             0F005h
  Wykonanie w dalszej części programu sekwencji:
  MOV           DPTR, #SNAKE    ;załaduj adres do wskaźnika
                                danych
  MOV           A, #55h         ;w liczbie 55h sąsiednie bity
                                sa różne: 01010101
  MOVX          @DPTR, A        ;i zapisz do rejestru pod
                                wskazany adres
```

spowoduje zamierzony efekt. Pierwszą linię można zapisać oczywiście jako:

```
  MOV           DPTR, #F005h
  ......
  ......
```

ale jak sami widzicie pierwszy sposób jest bardziej czytelny, bowiem od razu wiemy czytając program, że w tym miejscu nastapi zapis do rejestru węża świetlnego.

Drugą deklaracją ważną szczególnie a może przede wszysktim dla komputerowców jest dyrektywa "**INCLUDE**" – ang. włącz w sensie dołącz, dopnij, weź pod uwagę kompilując program". Służy ona do włączania podczas kompilacji zbiorów dodatkowych), oprócz tego, którym jest celem kompilacji, przy wywołaniu programi kompilatora PASM51.EXE, w których znajdują się dodatkowe kawałki "kodu" źródłowego użytkownika. W sensie dosłownym mogą to być zbiory tekstowe zawierające biblioteki (w postaci źródłowej) dodatkowych procedur np. matematycznych.

W praktyce np. kiedy zachodzi potrzeba użycia podprogramu dodawania dwóch liczb 32–bitowych w pięciu aplikacjach (programach), nie warto umieszczać kodu tej procedury w każdym z pięciu zbiorów źródłowych. Lepiej i wygodniej jest raz zapisać kod źródłowy takiej procedury w odzielnym zbiorze np. pod nazwą: "*ADD32.INC*", po czym w każdym z pieciu aplikacji zapisać 1–liniową deklarację dołączenia tego zbioru podczas kompilacji w postaci:

```
  INCLUDE       ADD32.INC
```

co spowoduje dołączenie treści zbioru ADD32.INC do pliku głównego w miejscu jej wywołania. Oczywiście jeżeli w zbiorze z podprogramem wystąpi błąd w zapisie jakiejś instrukcji kompilator automatycznie przerwie tłumaczenie sygnalizując komunikatem odpowiedni błąd z podaniem nazwy zbioru włączonego dyrektywą "INCLUDE".

Jak wiecie, kod programu (już po przetłumaczeniu) na procesor składa się z ciągu bajtów instrukcji i danych. Czasami zachodzi potrzeba definiowania w kodzie programu (podczas pisania) tablic wartości stałych, np. opisujących przebieg sinusa dla kąta pełnego, lub numer ostatniego dnia każdego miesiąca. Program w czasie pracy za pomoca instrukcji "*MOVC A, @A+DPTR*" (patrz opis instrukcji) może pobrać takie dane i wykorzystać je do dalszych obliczeń. Jak zatem zdefiniowac takie ciągi bajtów w naszym programie, ano za pomoca dyrektyw: **DB** – definiujacej bajty, **DW** – definiujacej 16–bitowe słowa (podwójne bajty) oraz **DD** – definiującej 32–bitowe słowa (poczwórne bajty).

Przy tworzeniu takiego strumienia danych (stałych) wszystkie składniki, liczby musza być oddzielone przecinkami. Liczby mozna zapisywać

z ogólnie przyjętą zasadą (jak w całym asemblerze) w czterech różnych postaciach:
– dziesietnej, np. 23, 199, 45, 255, 54675
– szesnastkowej (na końcu litera "h"): 12h, 7Fh, 0ABh, 1234h, itp
– binarnej (na końcu litera "b"): 10101010b, 010b, 010010010010b
– za pomocą kodu znaku (znak w apostrofach): '4 – oznacza kod znaku ASCII "4" czyli fizycznie liczbę: 52. Sposób ten w przypadku kompilatora PASM51.EXE daje sie wykorzystać z dyrektywą "DB". Argumentami "DW" i "DD" mogą być tylko liczby zapisane w trzech poprzednich formatach.

Korzystając z ostatniego sposobu mozna zapisywać całe teksty (np. do wyświetlenia potem na dołączonym do komputerka – wyświetlaczu tekstowym LCD), lub po prostu informacje autorskie o danym programie, jego wersji, czy dacie powstania.

I tak np. jeżeli chcemy zdefiniowac tablicę cyfr wykorzystywanych w kodzie szesnastkowym, należy użyć dyrektywy DB w postaci np.

```
hextab DB '0123456789ABCDEF'
```

co po przetłumaczeniu na kod maszynowy procesor zrozumie jako ciąg bajtów:

48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 65 66 67 68 69 70

zapisanych dziesiętnie.
Czyli można zapisac ten ciąg w inny sposób np.:

```
hextab DB 48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,65,66,67,68,69,70
```

W przypadku dyrektywy DW mozna w roli składników umieszczać liczby 16–bitowe czyli z zakresu: 0...65535, a w przypadku dyrektywy DD, liczby z zakresu 0... 4294967295, przykłady deklaracji mieszanych:

```
bigtab  DW  1234h, 65535, 1010101001010101b, 1, 0
longtab DD  12345678h, 10000234,0101010b, 10000000000000000001b
```

Zauważcie, że przed każdą deklaracją umieściłem jakiś wyraz, który jest po prostu etykietą opisujacą deklarowane stałe. W programie jest to bardzo często niezbędne a nader wygodne. No bo jaki adres zapiszecie do wskaźnika DPTR przy uzyciu instrukcji "*MOVC A, @A+DPTR*", ręczniacy beda musieli po prostu policzyć wszysktie bajty znajdujące sie przed dana deklaracją tablicy i wpisać je po kodzie instrukcji MOV DPTR,# jakaś_liczba_16_bitowa, komputerowcy zastosuja polecenie, np.

```
MOV     DPTR, #bigtab
```

a kompilator PASM51 sam obliczy adres tablicy, gdziekolwiek ona by się znalazła, a następnie wstawi go za kodem instrukcji *MOV DPTR, #nn*.

W przypadku dyrektywy "DB" możliwe jest łączenie w jednej linii kilku rodzajów zapisów liczb, np. mieszając teksty z zapisem dziesiętnym, np.

```
tekst1  DB  16, 'WITAJ CZYTELNIKU'
```

A propos ten przykład może posłużyć jako ilustracja argumentu wywołania jakiejś procedury (podprogramu) w wyniku którego zostaje wypisany wskazany tekst. Pierwszy bajt w deklaracji tablicy określa fizyczną liczbę znaków w tablicy tekstowej – czyli długość napisu, dalej od razu wystepuje dany tekst, prawda że logiczne podejście. W ten prosty sposób procedura wie kiedy dany tekst się kończy. Istnieją także inne sposobu realizacji tego pomysłu, ale to nie jest w tej chwili tematem naszego artykułu.

Każdy program pisany i kompilowany przez komputerowców za pomocą programu PASM51.EXE musi się kończyć deklaracją "**END**", która mówi programowi, że w tym miejscu kończy się tekst źródłowy i resztę linii jeżeli one istnieją, należy zignorować.

Dodatkowo przy użyciu tego kompilatora w każdym programie źródłowym (głównym a nie w zbiorach z podprogramami typu INC) w pierwszej linii powinna znaleźć się dyrektywa deklarujaca procesor na który pisany jest dany program. Dyrektywa ta to : "**CPU**", za którą powinien znaleźć sie argument w postaci nazwy zbioru zawierającego deklaracje typu EQU – opisujące nazwy wszystkich rejestrów specjalnych oraz bitów i w ogóle całego nazewnictwa zwiazanego z wybraną kostką.

Na dyskietce AVT–2250/D znajduje sie taki zbiór definicyjny o nazwie *8052.DEF* warto go sobie obejrzeć, aby stwierdzić zgodność informacji przedstawionych przeze mnie w niniejszym artykule. Zbiór taki mozna oczywiście modyfikować, lecz na wstepnym etapie nauki programowania radze tego nie robić, a przynajmniej zrobić jego wierną kopię przed takimi eksperymentami.

Jak każdy program – tekst źródłowy powinien zawierać komentarze programisty, dzięki czemu późniejsza analiza programu jest łatwiejsza czy w ogóle możliwa do zrealizowania. Wiekszość asemblerów na procesory 8051 (ale nie tylko) rozpoznaje znak średnika ";" jako znak zaczynający w danej linii tekst komentarza. Toteż kompilator analizując linię po linii kod źródłowy programu i tłumaczac go, napotkawszy średnik ignoruje cały tekst od tego znaku aż do końca linii. Jak zdążyliście sie zorientować, komentarze mogą być umieszczane na początku linii wtedy cała linia jest komentarzem, lub po każdej linii z instrukcją dla procesora, co znacznie ułatwia późniejszą analize programu i wyszukiwanie błędów, a o modyfikacjach nie wspomnę. Przykład komentarza:

```
MOV   A, B      ;załadowanie zawartości rejestru B do akumulatora
```

Tekstem pochyłym zaznaczono komentarz.

Pozostała jeszcze do omówienia dyrektywa "**ORG**", której zadaniem jest deklarowanie adresu w pamieci programu procesora, od którego będą umieszczane kolejne, wystepujace po tej dyrektywie, bajty programu. I tak np. kiedy piszemy aplikacje na nasz komputerek edukacyjny, liczymy się z tym, że fizyczna pamieć (SRAM) do której ładowany jest program zaczyna się od adresu 8000h. Dlatego każdy z przykładów do wklepania zaczyna sie od dyrektywy:

```
ORG   8000h
```

co mówi kompilatorowi PASM51.EXE, że występujące instrukcje po tej dyrektywie ma umieszczać od adresu 8000h począwszy, czyli od początku fizycznej pamięci SRAM komputerka.

Dyrektywa ORG, tak jak omówione wcześniej, może być używana wielokrotnie w tym samym kodzie źródłowym programu. Ważne jest aby "panować"na nią, ale o tego nauczymy sie przy innej okazji, kiedy zajdzie taka potrzeba.

No i ostatnia sprawa dotycząca stosowania etykiet przy skokach warunkowych ale i bezwarunkowych,czy deklaracjach podprogramów. Dla porządku należy powiedzieć że wszysktie etykiety powinny zaczynać się od pierwszej kolumny w danej linii tekstu, czyli od pierwszego znaku, dodatkowo należy je zakończyć znakiem dwukropka, np.

```
etyk01:
etyk02:
dodaj:
przyklad:
```

Wielkość liter z kodzie źródłowym programu w przypadku kompilatora PASM51.EXE nie ma znaczenia, wyjątek stanowią teksty będace argumentami instrukcji czy dane w tablicach tworzonych z wykorzystaniem dyrektywy "DB" i umieszczone pomiedzy znakami apostrofa, np. **'tekst'.**

Program monitora ("BIOS")

Ze względu na ograniczoną objętość a jednoczesnie dość szeroką tematykę związaną z programem monitora zawartym w EPROM'ie, a znajdującym się w każdym zestawie edukacyjnym AVT–2250, nie byłem w stanie opisać szczegółowo tego problemu przy okazji opisu kontrukcji i sposobów uruchomienia tego urządzenia w poprzednich numerach EdW.

Drugim powodem pewnego "ominięcia" tego tematu był fakt bezcelowości wyjasniania tego problemu na etapie kiedy nie znaliście jeszcze listy instrukcji procesora 8051, no przynajmniej większej jej części.

Skoro tak już sie stało i w ostatnich trzech numerach "wałkowaliśmy" teoretycznie ten temat, przyszła odpowiednia pora na wyjaśnienie sobie podstawowego pytania: "Co tak naprawdę siedzi w tym "monitorze" prócz funkcji usługowych które już znacie – czyli operacji umożliwiających np. ładowanie (LOAD), podglądanie (EDIT) i uruchamianie programów (JUMP)".

Jak wspomaniałem w lekcji nr 4 zamieszczonej w poprzednim styczniowym numerze EdW, w programie "monitora" znajdują się dodatkowe procedury – podprogramy (użyte określenia są tożsame), dzięki którym w prosty sposób możliwe jest wywołanie określonego działania naszego komputerka z zależności od Twoich potrzeb, czyli np. wyczyszczenie pola odczytowego wyświetlacza, odczyt nacisniętego klawisza, czy wyświetlenie liczby lub pseudo–tekstu w celu poinformowania uzytkownika o zaistniałym zdarzeniu lub wykonaniu pewnej operacji przez nasze urządzenie. W tym miejscu szczególnie "komputerowcy" stwierdzą że sprawa wygląda podobnie jak w przypadku zwykłego PC-ta czy każdego innego komputera, który posiada przecież dwa podstawowe urządzenia wejścia–wyjścia czyli klawiaturę i monitor (u nas jest to ośmiopozycyjny wyświetlacz 7–segmentowy).

Tym osobom chcę wyjaśnić, że aby zrozumieć znaczenie dodatkowych procedur o których mówię, wystarczy porównać "monitor"– program komputerka do coraz rzadziej ("niestety" z punktu widzenia elektronika–"hardware'owca" a zarazem programisty) dziś spotykanego systemu operacyjnego MS–DOS w waszym komputerze. Taki system oprócz tego że posiada pewne standardowe polecenia, chociażby do pokazania na ekranie drzewa katalogów na danym napędzie dyskietek lub dysku twardym ("dir" w PC-tach). Te polecenia można właśnie porównać do poleceń dostępnych bezpośrednio (bez pisania programu) z klawiatury komputerka edukacyjnego. W komputerze (np. PC) trzeba wpisać polecenie w postaci wyrazu i potwierdzić, u nas w naszym urządzeniu wystarczy nacisnąć jeden klawisz aby wywołać określoną funkcję – porównanie to dotyczy samej zasady posługiwana się programem monitora jako takim właśnie prościutkim systemem operacyjnym, który nagminnie nazywam "monitorem" lub "biosem".

Jak jednak wiecie (zwracam się nie tylko do komputerowców ale i do ciekawskich "ręczniaków"), może nie wszyscy, w każdym systemie operacyjnym istnieją dodatkowe funkcje usługowe, które wykorzystywane są poprzez różne programy, które użytkownik uruchamia z poziomu systemu np. gry, arkusze kalkulacyjne, edytory tekstów, lub inne specjalistyczne oprogramowanie, praktycznie wszystko. Takie funkcje np. w sysytemie MS–DOS dostepne są poprzez funkcję systemową INT21h. Programiści piszący aplikacje np,. w asemblerze x86 lub popularnym Turbo Pascalu z pewnością wiedzą o co chodzi.

Takie też funkcje posiada nasz komputerek,oczywiscie ze względu na ograniczone możliwości i potrzeby naszego systemiku oraz zupełnie odmienną architekturę procesora, są one mocno ograniczone, lecz dla naszych zastosowań w zupełności wystarczą.

Przejdźmy zatem do ich omówienia. Przestawiając wspomniane podprogramy będę kierował sie pewnym schematem, co z pewnoscia ułatwi zrozumienie poszczególnych procedur i pozwoli na ich bezproblemowe użycie w programie przykładowym, który przeanalizujemy krok po kroku w kolejnej lekcji nr 5. Oto schemat:

– umowna nazwa podprogramu oraz jego adres fizyczny (adres wywołania instrukcją LCALL)
– krótki opis działania danego podprogramu, "czyli co w efekcie się stanie"
– parametry wejściowe ("we:") wywołania, czyli "co i do jakiego rejestru trzeba załadować przed wywołaniem podprogramu
– parametry wyjściowe ("wy:"), czyli wynik (efekt) działania danej procedury po jej zakończeniu
– dodatkowo podam w niektórych przypadkach, "co taki podprogram zmienia (jakie rejestry) w procesorze". Ta informacja jest bardzo ważna, bowiem przecież pisząc jakiś program operujemy na rejestrach procesora, do których zapisujemy określone wartości, i w których przechowuujemy wyniki operacji. Niektóre z tych rejestrów (np. akumulator lub rejestr B, czy rejestry R0...R7) są także wykorzystywane dodatkowo w celu zrealizowania określonej operacji (wewnątrz podprogramu) a więc ich zawartość jest w wyniku działania danej procedury zmieniana. Konieczne zatem się staje zapamiętanie przechowanie na czas wykonywania podprogramu zawartości tych rejestrów, aby po zakończeniu procedury, mozna było odtworzyć ich zawartość pierwotną. Ktoś w tym miejscy moze zadac pytanie: "a dlaczego każdy podprogram po rozpoczęciu swego działania (po wywołaniu) sam nie zadba i nie przechowa tych rejestrów, po czym je odtworzy po zakończeniu działania – przeciez jest to możliwe...". Tak ale z punktu widzenia użytkowego, taka sytuacja jest w praktyce po prostu niepotrzebna, wydłuża to tylko niepotrzebnie działanie podprogramu, a co za tym idzie spowalnia działanie programu głównego.

HEXASCII (0235h)

Przejdźmy zatem do opisu poszczególnych procedur – podprogramów.

– zamienia liczbę znajdującą się w akumulatorze (Acc) na dwa znaki ASCII których kody umieszcza w rejestrach B (starszy półbajt) i A (młodszy półbajt), np. jeżeli w Acc przed wywołanie podprogramu bedzie liczba 4Fh (wszystkie liczby w kodzie heksadecymalnym), to po zakończeniu wykonywania procedury będzie: B = '4` (52) a akumulator Acc= F (70)
– adres wywołania: 0235h
– we: Acc – 8–bitowa liczba do zamiany
– wy: B – kod starszego półbajtu liczby wejściowej, Acc – to samo ale młodszy
– przykład:

```
MOV   A, #60h          ;liczba 60h do zamiany
LCALL HEXASCII         ;wywołanie podprogramu
.......                ;po wykonaniu w B będzie
                       znak '6  (liczba 54)
.......                ;a w Acc kod znaku '0` (liczba 48)
```

Procedurę można też wywołać w postaci :

```
LCALL 0235h
```

co przyniesie taki sam skutek. "Ręczniacy" mogą sobie od ręki przetłumaczyć na język maszynowy te polecenie jako ciąg bajtów: " 02, 02, 35h " – pierwszy bajt to kod instrukcji LCALL, dwa następne to adres procedury HEXASCII. Tak samo można postępować z każdym innym wywołaniem, jednak w przypadku "komputerowców" ze względu na czytelność programu, należy używać nazw słownych.

A2HEX (024Eh)

– powoduje wyświetlenie zawartości akumulatora na wyświetlaczu w postaci dwóch znaków ze zbioru 0...9, A...F, na pozycji (wyświetlaczu) podanej w rejestrze B
– adres wywołania: 024Eh
– we: Acc – 8–bitowa liczba do wyświetlenia, B – numer wyświetlacza (1...8) od którego ma sie zaczynać wyświetlana liczba
– wy: wyświetlenie liczby na określonej pozycji
– traci: R0, A i B
– przykład: patrz lekcja nr 4 z poprzedniego numeru EdW, inny przykład:

;niech w rejestrze pod nazwą "sek" bedą przechowywane sekundy programu zegara, który akurat uruchomilismy w naszym komputerku za pomoca innego podprogramu, w rej. "min" minuty a w rejestrze "godz" – godziny aktualnego czasu, aby pokazać aktualny czas w postaci np.

```
GG_ MM_ SS      ,gdzie GG – pozycja godzin,
                ;MM – pozycja minut
                ;SS – pozycja sekund
```

(podkreślenie oznacza wygaszoną pozycję wyświetlacza)
np. "12 45 00" (godz 12:45 i 00 sekund) nalezy wykonac sekwencję:

```
LCALL CLS              ;najpierw wyczyścimy całe pole odczytowe
MOV   B, #1            ;godziny wyświetlimy od 1 wyświetlacza
MOV   A, godz          ;załadowanie godzin
LCALL A2HEX            ;i wywołanie podprogramu
                       ;..... po wykonaniu na DL1 i DL2 będzie
                       godzina
MOV   B, #4            ;minuty wyświetlimy od 4 wyświetlacza
MOV   A, min           ;załadowanie minut
LCALL A2HEX            ;i wywołanie podprogramu
                       ;..... po wykonaniu na DL4 i DL5 będą
                       minuty
MOV   B, #7            ;sekundy wyświetlimy od 7 wyświetlacza
MOV   A, sek           ;załadowanie sekund
LCALL A2HEX            ;i wywołanie podprogramu
                       ;..... po wykonaniu na DL7 i DL8 będą
                       sekundy
```

DPTR4HEX (025Fh)

– wyświetla 16–bitową liczbę zawartą w parze rejestrów DPH i DPL (DPTR) jako 4 znaki 0...9, A...F na pozycji podanej w rejestrze B (1...5).
– adres wywołania: 025Fh
– we: DPTR – liczba do wyświetlenia, B – numer pozycji na wyświetlaczu (1...5)
– wy: wyświetla na 4 pozycjach 16–bitowa liczbę z DPTR
– traci: R0, A i B
– przykład:

```
MOV   DPTR,#1998h      ;wyświetl aktualny rok
MOV   B, #3            ;od 3–ciego wyświetlacza
LCALL DPTR4HEX         ;wywołanie podprogramu
                       ;po wykonaiu na DL3–4–5–6 będzie
                       wyświetlony;rok z DPTR
```

CLS (0274h)

– czyści całe pole wyswietlacza (wstawia spacje na pozycje DL1...8)
– adres wywołania: 0274h
– we: bez parametrów
– wy: czyści wyswietlacz
– traci: R0 i R7 z aktualnie ustawionego zbioru
– przykład:

```
LCALL CLS              ;wyczyszczenie wyświetlacza
```

Sławomir Surowiński

Lekcja 5

W dzisiejszej lekcji przeanalizujemy obszerniejszy przykład programu, którego zadaniem będzie realizacja funkcji prostego minutnika ze sterowaniem dowolnego urządzenia zewnętrznego poprzez wybrane końcówki portu P1 mikroprocesora. W programie tym wykorzystamy omówione w poprzednich lekcjach instrukcje procesora 8051 oraz niektóre procedury usługowe czyli podprogramy zawarte w programie monitora znajdującego się w EPROMie waszego komputerka edukacyjnego.

Na listingu poniżej znajduje się wspomniany program w postaci generowanej przez kompilator PASM51 znajdujący się na dyskietce AVT-2250/D. Przypomnę tylko ze właściwy kod źródłowy programu zaczyna się od trzeciej kolumny tekstu (nie wliczając numerów linii, podanych w nawiasach). Pierwsza kolumna zawiera zapisany w postaci szesnastkowej adres pod którym występuje znajdująca się w danej linii instrukcja. W przypadku kiedy w linii nie występuje instrukcja lecz deklaracja przypisania EQU liczba ta wskazuje na argument znajdujący się po prawej stronie.

W drugiej kolumnie jak zapewne zdążyliście się zorientować z poprzednich przykładów, znajduje się przetłumaczony na kod maszynowy ciąg 8-mio bitowych licz zapisanych także w postaci heksadecymalnej. Dalsza cześć linii tak jak wspomniałem przed chwila, to kod źródłowy programu.

Dla ułatwienia dodatkowo wszystkie linie ponumerowano liczbami w nawiasach.

Przed stworzeniem dowolnego programu, każdy programista powinien zastanowić się nad tym co powinien on realizować – jaka ma być jego funkcja?. W naszym przypadku program, jak powiedziałem wcześniej, ma być minutnikiem, czyli mówiąc inaczej timerem z możliwością wprowadzenia przez użytkownika czasu, a następnie załączenie urządzenia zewnętrznego na ten wprowadzony wcześniej okres. Zakładamy, że czas będzie ustawiany w minutach i sekundach, a maksymalny zakres ustawionego czasu to 99 minut i 99 sekund. Dodatkowo wykorzystamy wyświetlacz naszego komputerka oraz jego klawiaturę do wprowadzenia nastaw minut i sekund oraz wyświetlenia go w trakcie odliczania aż do osiągnięcia stanu 0:00 i wyłączenia sterowanego urządzenia.

Przed rozpoczęciem pisania programu określmy sobie scenariusz, który często odpowiada tzw. algorytmowi programu. Ponieważ nasz program jest dość prosty, taki algorytm można zapisać w postaci kolejnych podpunktów, oto one.

a) wprowadzenie z klawiatury minut
b) wprowadzenie z klawiatury sekund – mamy czas załączenia
c) wybór przez użytkownika końcówki procesora (np. z portu P1) sterującej urządzeniem
d) oczekiwanie na rozpoczęcie odliczania. Zakładamy że polaryzacja sygnału sterującego będzie ujemna.
e) po naciśnięciu odpowiedniego klawisza (umownie nazwanego jako START) przez operatora timer zaczyna odliczanie w tył do zera z wyświetleniem pozostałego czasu. Załóżmy że w tym miejscu programu istnieje (po wciśnięciu innego klawisza) dodatkowa możliwość ustawienia innego czasu, np. w przypadku kiedy pomyliliśmy się przy wpisywaniu czasu włączenia.
f) po zakończeniu odliczania urządzenie powinno zostać wyłączone, a program powinien powrócić do punktu e) dając dwie możliwości:
– rozpoczęcia ponownego odliczania po wciśnięciu klawisza START lub
– powrotu do punktu a) celem poprawienia (zmiany) nastaw minut i sekund.

Pamiętajmy, że nasz program napisany będzie z wykorzystaniem podprogramów – procedur standardowych naszego monitora i w związku z tym jego działanie będzie możliwe tylko z wykorzystaniem komputerka AVT-2250 z zawartym w EPROM ie monitorem.

W podanym niżej przykładzie wykorzystane będą pewne, nie omówione wcześniej rejestry procesora, które modyfikowane są automatycznie przez cały czas działania komputerka. Modyfikacje te odbywają się „w tle", tzn. że pogram monitora jest skonstruowany tak, że nawet podczas działania naszego programu z przykładu, wspomniane modyfikacje rejestrów odbywają się nieprzerwanie. Dzieje się tak za sprawą układu licznikowego procesora oraz systemu przerwań. Sprawa jest nieco skomplikowana, a ponieważ będzie omówiona w kolejnych lekcjach, nie będziemy jej teraz szczegółowo omawiać.

Omówimy sobie teraz tylko krótko wspomniane rejestry, tak aby lepiej zrozumieć działanie programu.

Otóż program monitora do działania potrzebuje kilku rejestrów, które fizycznie znajdują się w obszarze wewnętrznej pamięci RAM procesora, przeznaczonej do dowolnego wykorzystania przez użytkownika. Oto kilka z nich, wykorzystane w naszym programiku:

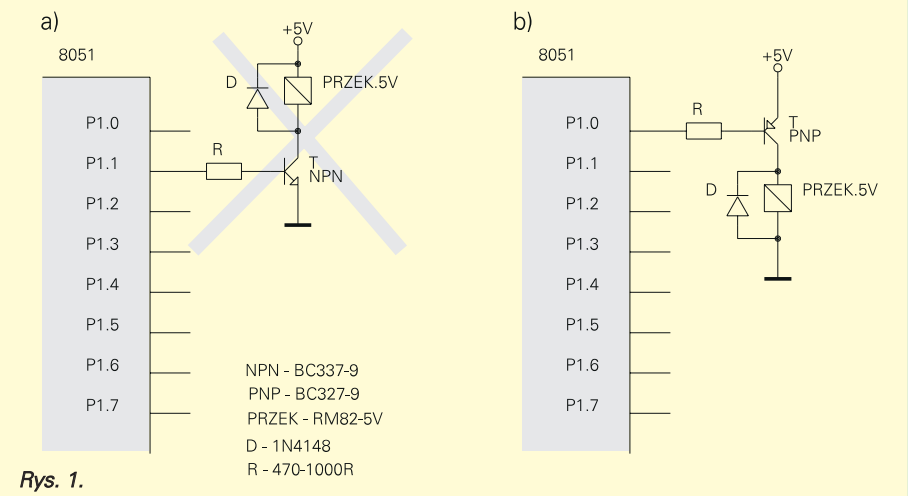
DL1...DL8 (adresy: 78h...7Fh) – osiem rejestrów, które pełnią rolę bufora znaków wyświetlanych przez 7-segmentowy wyświetlacz naszego komputerka. Zapis liczby odpowiadającej wyświetlanemu znakowi do jednego z tych rejestrów powoduje zapalenie odpowiednio jednego z 8-miu pozycji wyświetlacza. Wyświetlane znaki tworzone są następująco. Każdy z ośmiu bitów liczby danego znaku odpowiada poszczególnym segmentom wyświetlacza. Bitów w liczbie 8-bitowej jest oczywiście osiem, a segmentów w pojedynczym wyświetlaczu także osiem wliczając w to kropkę. Układ elektroniczny komputerka jest tak skonstruowany (przypomnij sobie opis z EdW 9/97), że ustawienie bitu (1) w tej liczbie powoduje zapalenie danego segmentu, odwrotnie wyzerowanie (0) zgaszenie go. I tak najstarszy bit 7 odpowiada za segment H – czyli kropkę, najmłodszy bit 0 za segment A wyświetlacza w kolejności jak na **rysunku 1**.

Dla przykładu podam kilka znaków i odpowiadające im liczby (kody).

Bity: 7-6-5-4-3-2-1-0
Segmenty: H G F E D C B A (msb...lsb)

Liczba	Binarnie	Znak
63	00111111	– cyfra '0'
6	00000110	– cyfra '1'
91	01011011	– cyfra '2'
127	01111111	– cyfra '8'
111	01101111	– cyfra '9'
119	01110111	– litera 'A'
124	01111100	– litera 'B'
94	01011110	– litera 'D'
64	01000000	– znak '-' (minus)
118	01110110	– litera 'H'

Zastanów się chwilę i pomyśl jak można utworzyć inne znaki, np. „L", „4", „7". Posiadacze dyskietek AVT-2250/D mogą znaleźć od-



Rys. 1.

powiedź w pliku CONST.INC, gdzie zdefiniowano większość znaków używanych w naszych aplikacjach. Pozostałe osoby będą miały okazję zapoznać się z tymi informacjami w kolejnej lekcji szkoły mikroprocesorowej.

BSW (adres: 70h) – Kolejnym istotnym rejestrem jest nazwane umownie „słowo stanu monitora". Każdy z bitów tego słowa pełni określona rolę. I tak np. najmłodszy bit 0 zmienia swój stan (z „0" na „1" i odwrotnie) z częstotliwością 2 Hz, co będzie wykorzystane w naszym programie do odliczania sekund. Dwukrotna zmiana bitu może bowiem być informacją, że upłynęła właśnie dokładnie 1 sekunda.

BLINKS (adres: 71h) – bajt, którego poszczególne bity odpowiadają za atrybut wyświetlanego na displeju znaku. Ustawienie np. najstarszego bitu w tym słowie powoduje że zapisany do rejestru DL8 znak będzie migotał. Częstotliwość migania określona jest wewnętrznie przez program monitora na 2Hz i oczywiście można ją zmieniać, lecz sposób tej sposób na to nie jest tematem tego artykułu. Przyporządkowanie poszczególnych bitów pozycjom wyświetlacza jest następujące.

DL 1-2-3-4-5-6-7-8
bity: 7-6-5-4-3-2-1-0

Teraz zajmijmy się już naszym programem.

Na początku znajduje się deklaracja CPU procesora oraz kilka linii komentarza, które w każdym przypadku zaczynają się znakiem średnika.

W linii (1) zdefiniowano dodatkowy znak imitujący małą literę „o", w naszym programie minutnika będzie on zapalany na ostatniej pozycji celem sygnalizacji że urządzenie jest załączone i odliczany jest ustawiony wcześniej czas.

Linie (2) i (3) to definicje dodatkowych rejestrów w wew. RAM procesora, w których będą przechowywane wprowadzone i potem dekrementowane minuty i sekundy ustawionego czasu minutnika.

Linia (4) to deklaracja dla kompilatora, który musi wiedzieć że program ma zaczynać się od adresu 8000h, gdzie zlokalizowana jest pamięci operacyjne SRAM naszego komputerka i gdzie będzie załadowany nasz program.

Od komentarza przed linią (5) zaczyna się właściwy program. Na początku trzeba wyczyścić wyświetlacz wywołując podprogram nazwany jako CLS (jego adres w pamięci monitora to 0274h). Dodatkowo linia ta została oznaczona etykietą „pocz:" która posłuży potem do powrotu na początek programu po zakończeniu jednego cyklu odliczania i chęci rozpoczęcia następnego.

Linia (6) powoduje ustawienie wszystkich końcówek portu P1 w stan wysoki, co w naszym załączeniu oznacza wyłączone urządzenie zewnętrzne. Komuś w tym miejscu może wydawać się, że bardziej logiczne byłoby wyzerowanie końcówek i sterowanie np. przekaźnikiem za pomocą tranzystora NPN (jak pokazano na rys.1a) lecz takie rozumowanie może w pewnych przypadkach być błędne. Jak wiadomo w prawdziwych zastosowaniach wszelkie stany przejściowe szczególnie układów wykonawczych są niepożądane. Tak tez może się zdarzyć w przypadku sterowania przekaźnika z rys.1a, bowiem procesor po włączeniu zasilania przez krótką chwilę (kilka do kilkuset milisekund) znajduje się w stanie resetu, a końcówki jego portów znajdują się w stanie wysokiej impedancji. W takim przypadku sterowany przekaźnik w sposób jak na rys.1a zostałby załączony na krótko po włączeniu zasilania, układu, aż do momentu planowanego wyłączenia na początku programu instrukcją np. MOV P1, #0 – etykieta „pocz:".

Linie (7)..(12) powodują wyświetlenie znaków informacyjnych, będących zachętą do wprowadzenia danych przez użytkownika przed rozpoczęciem odliczania.

"– – – – –F"

W linii (13) znajduje się wywołanie podprogramu WAITSEK, który nie ma specjalnego przeznaczenia, poza tym że wykonanie go zajmuje procesorowi około 1 sekundy. Procedura ta zdefiniowana jest w dalszej części listingu, toteż omówimy ją za chwilę.

W kolejnej części programu następuje pobranie liczby minut za pomocą podprogramu GETACC (adres: 03A7h) – linia (16) na pozycji podanej w linii (15) w rejestrze B przed wywołaniem podprogramu. Dodatkowym użytecznym „wodotryskiem" są migające pozycje

1 i 2 wyświetlacza, co zachęca użytkownika do wprowadzenia liczby minut.

W linii (17) wprowadzona liczba jest zapamiętywana w zdefiniowanym wcześniej rejestrze nazwanym jako „minuty".

Warto w tym miejscu powiedzieć, że liczbę minut (a także sekund) należy wprowadzać korzystając z klawiszy cyfr: 0...9 – czyli w postaci dziesiętnej, łatwiejszej dla przeciętnego użytkownika. Podprogram GETACC akceptuje oczywiście także klawisze A...F, lecz nie należy ich używać, bowiem spowoduje to nieprawidłową prace programu, dlaczego o tym za chwilę.

Po pobraniu minut w liniach (19)...(22) realizowane jest w analogiczny sposób wprowadzenie sekund, z tą różnicą, że tym razem migoczą pozycje 4 i 5 wyświetlacza, co jest naturalne i czytelne dla operatora.

Linie (23)...(25) realizują pobranie numeru aktywnego wyjścia portu P1, do którego końcówki dołączone jest sterowane zewnętrznym urządzeniem. Numer wyjścia powinien być podany za pomocą klawiszy od: „0" (dla końcówki P1.0) do „7" (dla końcówki P1.7).

Wykorzystany zostaje do tego inny podprogram monitora: „GETDIGIT" – pobranie cyfry szesnastkowej za pomocą klawiszy 0...9, A...F. Po wykonaniu tej operacji (podobnie jak w przypadku GETACC) cyfra znajduje się w akumulatorze. Rejestr B przed wywołaniem powinien zawierać pozycję na której będzie wyświetlona wprowadzana przez operatora cyfra.

W linii (26) cyfra ta jest dodatkowo „filtrowana", tak że pozostają 3 najmłodsze bity – czyli cyfra z zakresu 0...7. Linia ta jest w zasadzie nie jest konieczna, lecz pokazuje w jak prosty sposób można czasem zabezpieczyć się przed nieprawidłowym wprowadzeniem danych.

Następnie w linii (27) numer wyjścia zapamiętany zostaje w rejestrze B, gdzie poczeka na „swój moment".

W linii (28) kończy się wprowadzanie danych, a displej wyświetlając na przedostatniej pozycji migający znak „-" informuje użytkownika o gotowości do rozpoczęcia odliczania.

W linii (29) znajduje się wywołanie podprogramu, którego zadaniem jest oczekiwanie na naciśnięcie dowolnego klawisza a następnie zwrócenie jego kodu w akumulatorze. W przypadku klawiszy 0...9, A...F kody te odpowiadają kodom ASCII przyjętym na świecie, jedynie naciśnięcie klawisza OK. ("okej") powoduje zwrot kodu 13.

W linii (30) sprawdzany jest warunek, czy kod ten odpowiada naciśnięciu klawisza START, czyli OK. Jeżeli tak, to wykonane zostaną linie programu począwszy od linii (31).

Linia (31) — wykonywana jest w po uruchomieniu odliczania. Wywołana w niej procedura WAITSEK powoduje odczekanie okresu dokładnie 1 sek., tak aby przygotować odliczanie a jednocześnie spowolnić działanie programu po wciśnięciu klawisza OK.

W liniach (32) i (33) wykonywana jest „kosmetyka" wyświetlacza, polegająca na zapaleniu migającej kreski rozdzielającej minuty i sekundy, co daje efekt wizualny upływu czasu.

Następnie w linii (34) pobrany zostaje adres tabeli bajtów z których każdy po zapisaniu do portu P1 (linia 37) spowoduje załączenie jednego z 8-miu wyjść. I tak w linii (35) zostaje odtworzony w akumulatorze a przechowywany w rejestrze B (patrz linia nr 27) numer wybranego wyjścia portu P1.

W linii (36) pobrany zostaje bajt z tabeli zdefiniowanej w dalszej części kodu programu, a w następnej bajt ten zostaje wpisany do portu P1 załączając jedno z 8-miu wyjść. Popatrzmy przez chwilę i zastanówmy się, jak to się dzieje. Otóż wyobraźmy sobie że podczas wprowadzania numeru aktywnego wyjścia wcisnęliśmy (za pomocą procedury GETDIGIT, linia 25) klawisz 4, czyli w domyśle wybraliśmy wyjście P1.4, gdzie ma wystąpić założony wcześniej stan aktywny (u nas niski), a na pozostałych końcówkach stan nieaktywny (u nas wysoki). Teraz jeżeli pobierzemy za pomocą instrukcji MOVC A, @A+DPTR, ze zdefiniowanej tabeli, bajt z przesunięciem 4 względem początku tabeli, to fizycznie będzie to 5-ty bajt – popatrz na tabelę! Pierwszy bajt w tabeli ma przesunięcie 0 bo jest on umieszczony pod adresem umieszczonym w rejestrze DPTR. Adres tabeli został przecież wpisany w linii (34). Drugi bajt będzie miał przesunięcie 1, trzeci – 2 itd.

Popatrzmy teraz na sam bajt, pobrany przed chwilą ze zdefiniowanej tabeli wyjść. Piąty z tabeli bajt to "11101111b", po wpisaniu w linii 37 na wszystkich końcówkach oprócz P1.4 pojawi się logiczna 1-ka, a na tym jednym stan niski, proste prawda.

W linii (38) dodatkow po załączeniu wyjścia, zapalony zostaje znaczek "o" na ostatniej pozycji wyświetlacza, co sygnalizuje operatorowi, że wyjście zostało uaktywnione, a przyłączone do niego urządzenie pracuje.

Teraz następuje część programu, w której ustawiony czas będzie odliczany aż do zera. Do tego celu wykorzystane zostają dwa rejestry robocze R3 i R4. Do nich to właśnie zostaje przepisana zawartość rejestrów "minuty" i "sekundy". Taka operacja jest potrzebna do tego, aby w czasie odliczania nie zmniejszane były rejestry przechowujące ustawiony czas ("minuty" i "sekundy"), tylko inne wolne rejestry, u nas R3 i R4. Dzięki temu kiedy czas osiągnie zero, a użytkownik będzie chciał powtórzyć proces odliczania, będzie mógł to zrobić bez ponownego ustawiania nastaw minut i sekund, powtórnie przepisując nastawy do rejestrów R3 i R4.

W liniach (42) i (43) sprawdzany jest warunek, czy nastawa sekund jest równa 0?. Wykorzystana tu jest instrukcja JNZ, po uprzednim przepisaniu R4 do akumulatora.

W tym miejscu zamiast tych dwóch instrukcji można by użyć polecenia

CJNE R4, #0, niezer,

ale wtedy między etykietę "niezer" a instrukcję kall DECACC trzeba wstawić instrukcję: MOV A; R4" zastanów się jednak dlaczego? Jeżeli warunek jest spełniony, czyli zawartość licznika sekund (rejestru R4) jest różna od zera, następuje skok do miejsca programu oznaczonego przez etykietę "niezer".

Tutaj w linii (53) wywołany zostaje podprogram, którego zadaniem jest dekrementacja zawartości akumulatora, który przecież zawiera to co przed chwilą było w R4, czyli licznik sekund. Dlaczego użyto podprogramu, a nie np. instrukcji DEC A, która przecież także zmniejsza zawartość rejestru (akumulatora), a no dlatego, że instrukcja ta dekrementuje rejestr w sposób naturalny w kodzie szesnastkowym, czyli np.
59, 58, 57, 56, 55, 54, 53, 52, 51, 50, jak dotąd jest wszystko w porządku, ale następne zmniejszenie rejestru nie spowoduje ustawienia sekund na liczbę 49 ale na 4Fh !, a tego nie chcielibyśmy wyświetlić na displeju jako pozostałych sekund. Gdyby zatem użyć tej pojedynczej instrukcji, to nie tylko odczyty na wyświetlaczu byłyby bezsensowne, ale i 10 sekund w naszym timerku trwałoby aż 16 sekund!

Dlatego od linii (79) rozpoczyna się zdefiniowany podprogram – procedura, której zadaniem jest właściwe, dziesiętne (lub jak kto woli z korekcją dziesiętną) zmniejszenie akumulatora, czyli w naszym przypadku jeżeli np. licznik sekund będzie zawierał 50, to po dekrementacji za pomocą naszego podprogramu będzie w nim liczba 49, a więc to co trzeba. Ta sama sprawa dotyczy licznika minut, ale o tym za chwilę.

Tak więc po zmniejszeniu, dalej w linii (54), zdekrementowana zawartość akumulatora zostaje przepisana do właściwego rejestru R4, po czym w liniach następnych (55 — oznaczona jako "wypisz") i (56), następuje wyświetlenie aktualnej zawartości sekund na displeju. Korzystamy tu z podprogramu A2HEX, omówionego w tym odcinku szkoły mikroprocesorowej. W linii (57) następuje planowe odliczenie czasu 1 sekundy z wykorzystaniem podprogramu WAITSEK, a następnie skok z powrotem do momentu kiedy sprawdzany jest warunek wyzerowania sekund — etykieta "nsek" (linia 42).

Wróćmy teraz do linii (43), kiedy to warunek zgodności sekund z 0 jest spełniony. Wtedy wykonana zostanie instrukcja następna po "JNZ niezer", czyli linia (44).

W niej to do akumulatora zostaje załadowana zawartość rejestru R3, która jest przecież odzwierciedleniem licznika minut.

W linii (45) zostaje sprawdzony warunek, czy licznik minut (przepisany przed chwilą do akumulatora) jest równy zero. Jeżeli tak jest to znaczy że licznik timera do szedł do zera i nastąpi skok do etykiety "koniec:" - linia 59, którą omówimy za chwilę.

Jeżeli licznik minut jest różny od zera, to wykonana zostanie linia (46), czyli dekrementacja minut (przepisanych przecież do akumulatora) za pomocą omówionego wcześniej podprogramu DECACC.

Po tym w linii (47) zmniejszona w A liczba minut zostaje przepisana do rejestru R3, a w kolejnych liniach (48) i (49) wypisana na pozycji wyświetlacza określonej w rejestrze B (linia 48).

Teraz uwaga, skoro zmniejszono liczbę minut, to teraz w linii (50) zostaje ustawiona początkowa (przy zmniejszaniu) liczba sekund, czyli 59. No bo skoro było np.

19:00 (min:sek)

to po zmniejszeniu o 1 sekundę licznik powinien wskazywać

18:59 (min:sek)

tak też się stanie, dzięki tej operacji. Oczywiście skorygowana tutaj liczba sekund musi być zapisana w rejestrze R4, co dzieje się w linii (51).

Teraz należałoby wypisać na displeju nowe wartości licznika timera, toteż w kolejnej linii (52) znajduje się skok bezpośredni do miejsca znanego nam już, czyli do etykiety "wypisz".

Po tym i wykonaniu linii (57) i (58), które opisałem wcześniej, program skacze na początek pętli zmniejszania licznika timera, czyli do etykiety "nsek" — linia 42 i pętla powtarza się.

Takie odliczanie w tył licznika timera odbywa się, jak zapewne zauważyliście, aż do momentu, gdy nastąpi sytuacja, gdy minuty jak i sekundy będą równe zero. Wtedy warunek w omówionej wcześniej linii (43) nie będzie spełniony (sekundy = 0), a warunek w linii (45) spełniony (minuty = 0) i nastąpi skok do etykiety "koniec:" - linia 59.

Tutaj do portu P1 zostaje zapisana liczba 255, binarnie 11111111, czyli wszystkie końcówki portu zostają dezaktywowane, a przy tym zostaje wyłączone sterowane urządzenie.

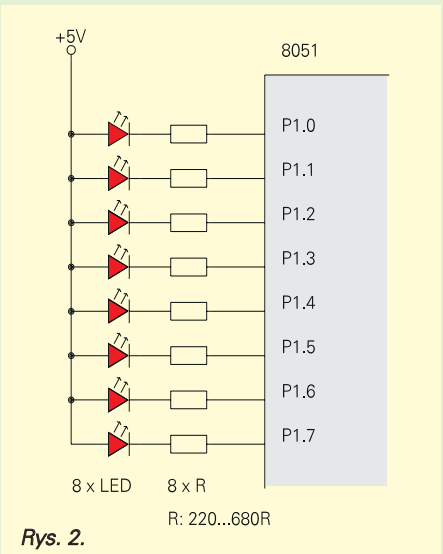
W linii (60) wyłączone zostaje migotanie niektórych zapalonych wcześniej znaków na wyświetlaczu. W linii kolejnej na pozycji 8 zostaje wypisany znak "F" co jak wspomniałem na początku programu, jest sygnałem dla użytkownika, że urządzenie zostało wyłączone.

W liniach (62)....(67) program wypisuje ustawioną wcześniej, nastawę minut i sekund timera, były one przez cały czas przechowywane w rejestrach nazwanych jako "minuty" i "sekundy". Dzięki użyciu rej. roboczych R3 i R4 jak powiedziałem wcześniej ich zawartość nie uległa zmianie podczas dekrementacji.

Następnie w linii (68) następuje skok do etykiety "wait", gdzie zgodnie z naszym scenariuszem, program czeka na kolejną decyzję operatora, który ma do wyboru dwie sytuacje. Pierwsza to rozpoczęcie ponownego odliczania ustawionych nastaw minut i sekund (klawisz OK.), druga to ustawienie nowych - klawisz "0" (zero).

Program wraca zatem do linii (29), wróćmy i my w naszej analizie. Tutaj jak pamiętamy wywoływany jest podprogram CONN, którego zadaniem jest czekanie na naciśnięcie klawisza i zwrócenie jego kodu w akumulatorze.

W poprzednim przypadku po ustawieniu timera wcisnęliśmy klawisz OK. i program potoczył się jak opisywałem wcześniej.



Rys. 2.

Załóżmy teraz że wciśniętym klawiszem nie był OK., toteż warunek w linii (30) będzie spełniony i nastąpi skok do etykiety "nieok" — linia 69. Tutaj kod wciśniętego klawisza jest porównywany z liczbą — kodem "0", czyli poleceniem zmiany nastaw timera (minut i sekund). Jeżeli nie wciśnięto klawisza "0", to warunek będzie spełniony i nastąpi skok do linii (29), czyli do ponownego oczekiwania na wciśnięcie klawisza.

Jeżeli natomiast operator wciśnie "0", warunek w linii (69) nie będzie spełniony i program przejdzie do linii (70), gdzie występuje polecenie skoku bezwarunkowego na początek programu. Tam w linii (5) wszystko zaczyna się od początku.

Tak moi drodzy i tak działa cały program z naszego przykładu. Ktoś może zadać pytanie, a co zrobić jak chcę zakończyć program, nic prostszego. Przypominam że do "eleganckiego" wyjścia z prawie każdego programu służy klawisz monitora "M.". Można także zresetować komputerek, i potem uruchomić program od nowa.

Pozostały do omówienia dwa zaimplementowane w programie procedury: WAITSEK — linia 71, i DECACC — linia 79.

Pierwsza procedura WAITSEK opiera się na zasadzie sprawdzenia dwukrotnej zmiany stanu najmłodszego bitu w słowie specjalnym monitora BSW, opisanym na początku lekcj. Dwukrotna zmiana fazy (stanu) tej flagi wyznacza nam okres 1 sekundy, przy założeniu, że podprogram jest wykonywany cyklicznie. Zastanów się dlaczego np. przy pierwszym wywołaniu tej procedury okres oczekiwania może być mniejszy? — odpowiedź w kolejnej lekcji naszej klasy mikroprocesorowej.

Dodatkowo ze względu na to że w podprogramie wykorzystywany jest i modyfikowany akumulator, w linii (71) następuje zapamiętanie stanu tego rejestru na stosie, a po zakończeniu wykonywania operacji, w linii (77) odtworzenie jego stanu poprzez zdjęcie go ze stosu. Podprogram kończy się oczywiście, zgodnie z zasadami pisania procedur, instrukcją RET w linii (78).

Analizę i wyjaśnienie zasady działania podprogramu DECACC proponuję wykonać samodzielnie. Najlepiej jest za pomocą ołówka i kartki papieru, analizując linia po linii kod podprogramu, obliczać wartości akumulatora po wykonaniu każdej z linii procedury DECACC aż do instrukcji RET. Pamiętajmy tylko, że przy wywołaniu tego podprogramu argumentem jest liczba zawarta w akumulatorze, a po zakończeniu wynik także znajduje się w rejestrze A, lecz jest zmniejszony o 1 w sposób jaki omówiłem wcześniej.

Na koniec lekcji podaję kilka wskazówek, co można zmienić w programie, przynajmniej na platformie obsługi, tak aby zachować funkcjonalność programu. I tak:

- Można zmienić symbolikę wyświetlanych informacji, definiując swoje znaki zamiast symboli włączenia "o" lub wyłączenia "F" urządzenia.
- Ciekawą modyfikacją jest także zezwolenie na sterowanie kilkoma urządzeniami na raz w ośmiu dozwolonych kombinacjach. Można to uzyskać modyfikując poszczególne bity liczb umieszczonych w tabeli "tab_wyj".
- Można także zmienić rodzaje klawiszy uruchamiających procedurę odliczania lub wprowadzania nowych nastaw przez opera-

tora oraz wprowadzić dodatkowy klawisz kończący program np. komunikatem "End".

Proponuję jako zadania wykonać następujące ćwiczenia.

Zadanie 1

Zaprojektować i użyć zamiast symbolów "F" i "o" inne wskazujące na stan pracy sterowanego urządzenia.

Zadanie 2

Wprowadzić do programu obsługę i rozpoznawanie klawisza "1" jako kończącego program napisem "End". Nie zapomnijcie o pętli nieskończonej typu

```
stop:   SJMP stop
```

po instrukcjach wypisujących wspomniany napis, inaczej program wpadnie "w maliny" i nic nie zobaczycie.

Zadanie 3

Zmodyfikować tabelę wyjść "tab_wyj", tak aby przy wymienionych poniżej nastawach wyboru wyjścia (0...7) możliwe były odpowiadające im, a wypisane obok kombinacje załączenia wyjśc portu P1. Dodatkowo proponuję do portu P1 dołączyć 8 diod LED z włączonymi w szereg opornikami (180...470 omów) i sprawdzić efekt swojej pracy, obserwując stan wyjść po uruchomieniu tajmera. Przypominam o prawidłowym włączeniu każdej z diod LED w sposób jak na rysunku 2.

Wszystkie odpowiedzi znajdziecie, drodzy Czytelnicy w kolejnej lekcji szkoły mikroprocesorowej. Życzę wiele cierpliwości oraz dużo satysfakcji!

Sławomir Surowiński

Listing programu

```
                        CPU     '8052.def'
                        ;Lekcja nr 5 szkoly mikroprocesorowej w EdW
                        ;program prostego minutnika z ustawianiem czasu
                        ;zalaczenia zewnêtrznego urz¹dzenia sterowanego
                        ;poprzez jedna z koncowek portu P1
                        ;-------------------------------------------------------------------------
(1)   005C              _o              equ     01011100b       ;definicja znaku "o" wyswietlacza
(2)   0050              minuty          equ     50h             ;rejestr przechowujacy minuty
(3)   0051              sekundy equ     51h                     ;rejestr przechowujacy sekundy
                        ;-------------------------------------------------------------------------
(4)   8000                      org     8000h                   ;poczatek pamieci zewn.RAM

                        ;napisy i znaki informacyjne
(5)   8000 120274       pocz:   lcall   CLS                     ;wyczysc displej
(6)   8003 7590FF               mov     P1,#255                 ;wszystkie piny portu OFF
(7)   8006 757840               mov     DL1,#_minus
(8)   8009 757940               mov     DL2,#_minus
(9)   800C 757B40               mov     DL4,#_minus             ;napis "— —", zacheta do o
(10)  800F 757C40               mov     DL5,#_minus             ;wprowadzenia czasu
(11)  8012 757E40               mov     DL7,#_minus             ;i dodatkowo znacznik "-F"
(12)  8015 757F71               mov     DL8,#_F                 ;wylaczenia "F" wyjscia "-"
(13)  8018 1280A4               lcall   WAITSEK

                        ;wprowadzanie czasu - minuty
(14)  801B 757103               mov     blinks,#00000011b       ;miga pozycja minut
(15)  801E 75F001               mov     B,#1                    ;na pozycji nr 1 displeja
(16)  8021 1203A7               lcall   GETACC                  ;pobranie liczby minut 0..99
(17)  8024 F550                 mov     minuty,A                ;i zapamietanie jej w rejestrze
(18)  8026
                        ;wprowadzanie czasu - sekundy
(19)  8026 757118               mov     blinks,#00011000b       ;miga pozycja sekund
(20)  8029 75F004               mov     B,#4                    ;na pozycji nr 4 displeja
(21)  802C 1203A7               lcall   GETACC                  ;pobranie liczby sekund 0..59
(22)  802F F551                 mov     sekundy,A               ;i zapamietanie jej w rejestrze

                        ;wybor wyjscia - pinu portu P1
(23)  8031 757140               mov     blinks,#01000000b       ;miga pozycja numeru wyjscia
(24)  8034 75F007               mov     B,#7                    ;na pozycji 7 displeja
(25)  8037 120379               lcall   GETDIGIT                ;pobierz numer pinu P1: 0..7
(26)  803A 5407                 anl     A,#7                    ;dla bezpieczenstwa wazne tylko 3 lsb
(27)  803C F5F0                 mov     B,A                     ;i przechowanie numeru wyjscia
(28)  803E 757180               mov     blinks,#10000000b       ;miga znacznik zalaczenia

                                ;czekanie na rozpoczecie odliczania
(29)  8041 1202C5       wait:   lcall   CONIN                   ;czekanie na klawisz
(30)  8044 B40D57               cjne    A,#klaw_OK,nieok        ;start - klawisz OK

                        ;te instrukcje beda wykonane gdy wcisnieto klawisz startu odliczania
(31)  8047 1280A4               lcall   WAITSEK                 ;czekanie sekunde
(32)  804A 757A40               mov     DL3,#_minus
(33)  804D 757104               mov     blinks,#00000100b       ;miga kreska miedzy (mm-ss)

(34)  8050 9080CC               mov     DPTR,#tab_wyj           ;pobierz adres tabeli wyjsc
(35)  8053 E5F0                 mov     A,B                     ;odtworzenie numeru wyjscia
(36)  8055 93                   movc    A,@A+DPTR               ;pobranie maski wyjsc z tabeli
```

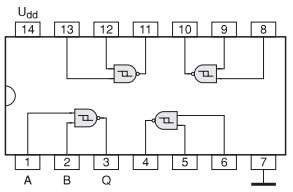
```
(37)  8056 F590                mov     P1,A                ;i zapisanie do portu P1 - zalaczenie
(38)  8058 757F5C              mov     DL8,#_o             ;znaczek “o” na DL8 - ON

(39)  805B              ;tutaj odliczanie ustawionego czasu do zera
(40)  805B AB50                mov     R3,minuty
(41)  805D AC51                mov     R4,sekundy          ;przechowanie ustawionego czasu

(42)  805F EC           nsek:  mov     A,R4                ;czy sekundy = 0 ?
(43)  8060 7012                jnz     niezer
(44)  8062 EB                  mov     A,R3
(45)  8063 601E                jz      koniec              ;czy minuty = 0 ?
(46)  8065 1280B3              lcall   DECACC              ;nie, to zmniejszenie minut
(47)  8068 FB                  mov     R3,A
(48)  8069 75F001              mov     B,#1
(49)  806C 12024E              lcall   A2HEX               ;wypisanie minut
(50)  806F 7459                mov     A,#59h
(51)  8071 FC                  mov     R4,A                ;i korekcja sekund
(52)  8072 8004                sjmp    wypisz
(53)  8074 1280B3       niezer: lcall  DECACC              ;zmniejszenie sekund
(54)  8077 FC                  mov     R4,A
(55)  8078 75F004       wypisz: mov    B,#4
(56)  807B 12024E              lcall   A2HEX               ;wypisanie sekund
(57)  807E 1280A4              lcall   WAITSEK
(58)  8081 80DC                sjmp    nsek                ;i nastepna sekunda

                        ;te instrukcje gdy zakonczono proces odliczania
(59)  8083 7590FF       koniec: mov    P1,#255             ;wylaczenie urz¹dzenia
(60)  8086 757100              mov     blinks,#0           ;wylaczenie migania displeja
(61)  8089 757F71              mov     DL8,#_F             ;znaczek “-” na DL8 - OFF
(62)  808C 75F001              mov     B,#1
(63)  808F E550                mov     A,minuty            ;pokazanie wprowadzonego czasu

(64)  8091 12024E              lcall   A2HEX               ;minuty
(65)  8094 75F004              mov     B,#4
(66)  8097 E551                mov     A,sekundy           ;i sekundy
(67)  8099 12024E              lcall   A2HEX
(68)  809C 80A3                sjmp    wait                ;i skok do momentu czekania na klawisz

(69)  809E B430A0       nieok: cjne    A,#’0’,wait         ;wrowadz czas jeszcze raz - klawisz ‘0’
(70)  80A1 028000              ljmp    pocz                ;i skok na poczatek programu

                        ;-------------------------------------------------------------------------------

(71)  80A4              WAITSEK:                           ;procedura czekania 1 sek.
(72)  80A4 C0E0                push    Acc
(73)  80A6 E570         czek1: mov     A,bsw               ;pobranie slowa stanu monitora
(74)  80A8 20E0FB              jb      Acc.0,czek1         ;czekanie na wyzerowanie bitu 2Hz
(75)  80AB E570         czek2: mov     A,bsw
(76)  80AD 30E0FB              jnb     Acc.0,czek2         ;a potem na jego ustawienie
(77)  80B0 D0E0                pop     Acc
(78)  80B2 22                  ret
                        ;-------------------------------------------------------------------------------
(79)  80B3              DECACC:                            ;dekrementacja Acc z korekcja dziesietna
(80)  80B3 7003                jnz     niero
(81)  80B5 7499                mov     A,#99h
(82)  80B7 22                  ret
(83)  80B8 C3           niero: clr     C
(84)  80B9 9401                subb    A,#1
(85)  80BB C0E0                push    Acc
(86)  80BD 540F                anl     A,#0Fh
(87)  80BF B40F07              cjne    A,#0Fh,nie0F
(88)  80C2 D0E0                pop     Acc
(89)  80C4 54F0                anl     A,#0F0h
(90)  80C6 4409                orl     A,#9
(91)  80C8 22                  ret
(92)  80C9 D0E0         nie0F: pop     Acc
(93)  80CB 22                  ret
                        ;-------------------------------------------------------------------------------
(94)  80CC FEFDFBF7     tab_wyj db     11111110b,11111101b,11111011b,11110111b
                                       ;wyj: 0,1,2,3
(95)  80D0 EFDFBF7F             db     11101111b,11011111b,10111111b,01111111b
                                       ;wyj: 4,5,6,7
                        ;-------------------------------------------------------------------------------
(96)  80D4                      END
```

Katalog skrócony układów logicznych CMOS serii 4000

4093 Cztery 2-wejściowe bramki NAND Schmitta

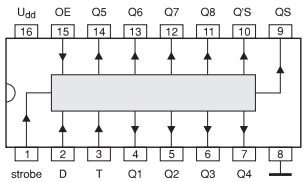
- Czas propagacji: 300ns przy 5V, 150ns przy 10V
- Łączny pobór prądu: 0,4mA przy 5V, 0,8mA przy 10V
- Częstotliwość pracy: 1MHz

A	B	Q
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L



4094 8-bitowy uniwersalny rejestr magistrali

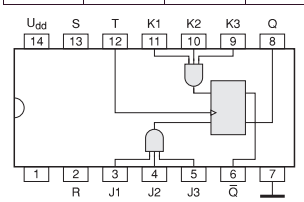
T	OE	strobe	data	Q1	Qn	QS	Q'S
⎍	L	X	X	Z	Z	Q7	Q'S
⎏	L	X	X	Z	Z	QS	Q7
⎍	H	L	X	Q1	Qn	Q7	Q'S
⎍	H	H	L	L	Qn-1	Q7	Q'S
⎍	H	H	H	H	Qn-1	Q7	Q'S
⎏	H	H	H	Q1	Qn	QS	Q7



4095 Przerzutnik JK Master-Slave

T	J	K	S	R	Qn+1	$\overline{Q}$n+1
X	X	X	L	H	L	H
X	X	X	H	L	H	L
X	X	X	H	H	L	L
⎍	L	L	L	L	Qn	$\overline{Q}$n
⎍	L	H	L	L	L	L
⎍	H	L	L	L	H	L
⎍	H	H	L	L	$\overline{Q}$n	Qn

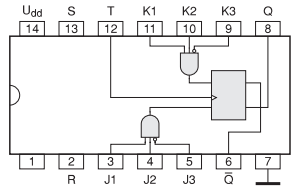
J1 (K1)	J2 (K2)	J3 (K3)	J (K)
L	X	X	L
X	L	X	L
X	X	L	L
H	H	H	H



4096 Przerzutnik JK Master-Slave

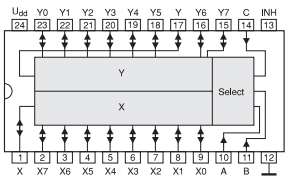
T	J	K	S	R	Qn+1	$\overline{Q}$n+1
X	X	X	L	H	L	H
X	X	X	H	L	H	L
X	X	X	H	H	L	L
⎍	L	L	L	L	Qn	$\overline{Q}$n
⎍	L	H	L	L	L	L
⎍	H	L	L	L	H	L
⎍	H	H	L	L	$\overline{Q}$n	Qn

J1 (K1)	J2 (K2)	J3 (K3)	J (K)
L	X	X	L
X	L	X	L
X	X	H	L
H	H	L	H

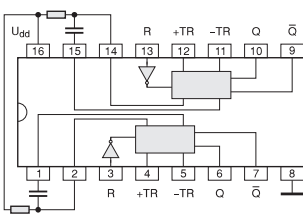


4097 Podwójny 8-kanałowy multiplekser/demultiplekser

C	B	A	INH	Kanał
X	X	X	H	–
L	L	L	L	X0, Y0
L	L	H	L	X1, Y1
L	H	L	L	X2, Y2
L	H	H	L	X3, Y3
H	L	L	L	X4, Y4
H	L	H	L	X5, Y5
H	H	L	L	X6, Y6
H	H	H	L	X7, Y7



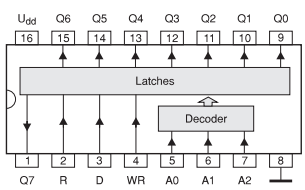
4098 Podwójny multiwibrator monostabilny



4099 8-bitowy adresowalny zatrzask

A2	A1	A0	Zaadresowane Qn
L	L	L	Q0
L	L	H	Q1
L	H	L	Q2
L	H	H	Q3
H	L	L	Q4
H	L	H	Q5
H	H	L	Q6
H	H	H	Q7

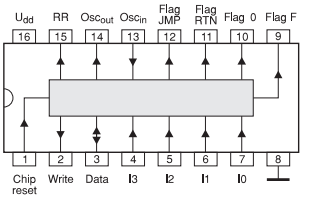
WR	R	Zaadresowane Q	Niezaadresowane Q
L	L	= DATA	hold
L	H	= DATA	L
H	L	hold	hold
H	H	L	L



4500 Procesor 1-bitowy

Hex	I3	I2	I1	I0	Instr.	Funkcja	Akcja
0	L	L	L	L	NOPO	no operation	⎍→Flag O
1	L	L	L	H	LD	load	Data→RR
2	L	L	H	L	LDC	load complement	$\overline{Data}$→RR
3	L	L	H	H	AND	AND	RR·Data→RR
4	L	H	L	L	ANDC	AND complement	RR·$\overline{Data}$→RR
5	L	H	L	H	OR	OR	RR + Data→RR
6	L	H	H	L	ORC	OR complement	RR + $\overline{Data}$→RR
7	L	H	H	H	XNOR	exclusiv NOR	$\overline{RR⊕Data}$→RR
8	H	L	L	L	STO	store	RR→Data, ⎍→Write
9	H	L	L	H	STOC	store complement	$\overline{RR}$→Data, ⎍→Write
A	H	L	H	L	IEN	input enable	Data→IEN
B	H	L	H	H	OEN	output enable	Data→OEN
C	H	H	L	L	JMP	jump	⎍→Flag JMP
D	H	H	L	H	RTN	return	⎍→Flag RTN
E	H	H	H	L	SKZ	skip next instruction if RR = 0	
F	H	H	H	H	NOPF	no operation	⎍→Flag F

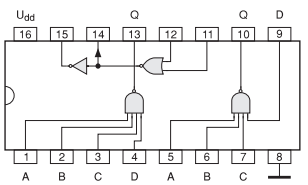
RR – rejestr wyniku
I0...I3 – wejścia instrukcji



4501 Trzy bramki NAND

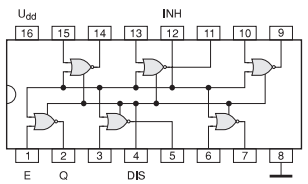
A	B	C	D	Q
H	H	H	H	L
L	X	X	X	H
X	L	X	X	H
X	X	L	X	H
X	X	X	L	H

k.11	k.12	k.14	k.15
L	L	H	L
L	H	L	H
H	L	L	H
H	H	L	H



4502 Sześciokrotny inwerter/bufor z wyjściami trójstanowymi

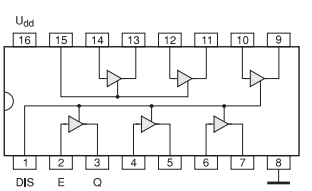
DIS	INH	E	Q
L	L	L	H
L	L	H	L
L	H	X	L
H	X	X	Z



4503 Sześciokrotny bufor z wyjściami trójstanowymi

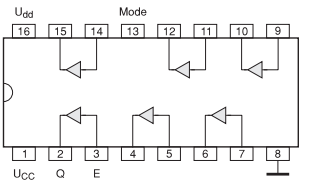
- Czas propagacji: 30ns przy 10V, 40ns przy 5V
- Łączny pobór prądu: 3mA przy 5V, 6mA przy 10V
- Częstotliwość na wejściu: 1MHz

DIS	E	Q
H	X	Z
L	L	L
L	H	H



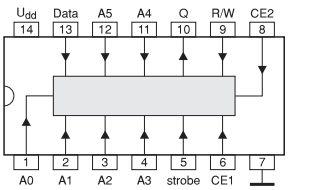
4504 Sześciokrotny konwerter poziomów TTL na CMOS

Mode	E	Poziom	Q	Poziom
L	L	CMOS	L	CMOS
L	H	CMOS	H	CMOS
H	L	TTL	L	CMOS
H	H	TTL	H	CMOS



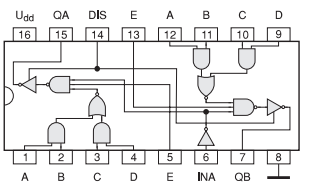
4505 64×1 bit statyczna pamięć RAM

CE1	CE2	strobe	R/W	Funkcja
L	X	X	X	–
X	L	X	X	–
X	X	L	X	–
H	H	H	L	write
H	H	H	H	read



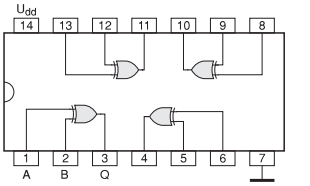
4506 Dwie bramki AND/OR z możliwością ekspansji

A	B	C	D	E	INA	DIS	Q
X	X	X	X	X	X	H	Z
X	X	X	X	X	H	L	L
L	L	L	L	H	L	L	H
L	X	L	X	H	L	L	H
L	X	X	L	H	L	L	H
X	L	L	X	H	L	L	H
X	L	X	L	H	L	L	H
H	H	X	X	X	X	L	L
X	X	H	H	X	X	L	L
X	X	X	X	L	X	L	L



4507 Cztery bramki EX-OR

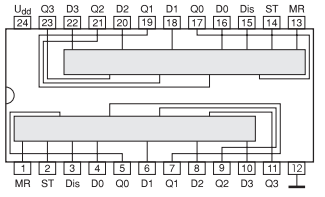
A	B	Q
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L



4508 Podwójny zatrzask 4-bitowy

- Czas propagacji: 350ns przy 10V, 175ns przy 5V
- Łączny pobór prądu: 0,4mA przy 5V, 0,8mA przy 10V
- Częstotliwość danych: 1MHz

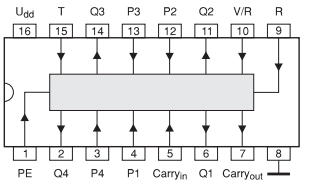
DIS	ST	MR	D	Funkcja
H	X	X	X	Q = Z
X	X	H	X	Q = L
L	H	L	L	Q = L
L	H	L	H	Q = H
L	⌝	L	L	Latch = L
L	⌝	L	H	Latch = H



4510 Licznik rewersyjny BCD

- Maksymalna częstotliwość taktowania: 3MHz przy 10V, 1,5MHz przy 5V
- Łączny pobór prądu: 0,4mA przy 5V, 0,8mA przy 10V
- Częstotliwość pracy: 1MHz

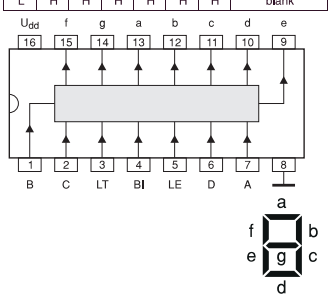
$Carry_{in}$	V/R	PE	R	Funkcja
H	X	L	L	no count
L	H	L	L	count ↑
L	L	L	L	count ↓
X	X	H	L	preset
X	X	X	H	reset



4511 Dekoder BCD na 7 segmentów/zatrzask/driver

- Opóźnienie włączania: 700ns przy 5V, 350ns przy 10V
- Pobór prądu: zależy od obciążenia na wyjściu, musi zostać ograniczony do 25mA na 1 segment

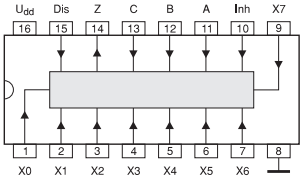
LE	BI	LT	D	C	B	A	Wyświetlacz
X	X	L	X	X	X	X	8
X	L	H	X	X	X	X	blank
H	H	H	X	X	X	X	latch
L	H	H	L	L	L	L	0
L	H	H	L	L	L	H	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
L	H	H	H	L	L	H	9
L	H	H	H	L	L	H	blank
L	H	H	H	L	H	H	blank
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
L	H	H	H	H	H	H	blank



4512 8-kanałowy selektor danych

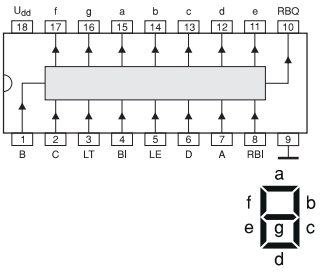
- Łączny czas wybierania: 225ns przy 5V, 75ns przy 10V
- Łączny pobór prądu: 0,6mA przy 5V, 1,2mA przy 10V
- Częstotliwość wybierania: 1MHz

INH	DIS	C	B	A	Z
H	L	X	X	X	L
X	H	X	X	X	Z
L	L	L	L	L	X0
L	L	L	L	H	X1
L	L	L	H	L	X2
L	L	L	H	H	X3
L	L	H	L	L	X4
L	L	H	L	H	X5
L	L	H	H	L	X6
L	L	H	H	H	X7



4513 Dekoder BCD na 7 segmentów/zatrzask/driver z gaszeniem migotania

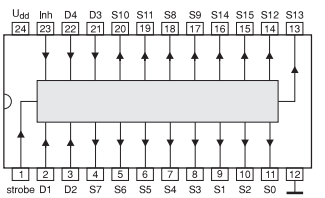
RBI	LE	BI	LT	D	C	B	A	RBQ	Wyświetlacz
X	X	X	L	X	X	X	X	?	8
X	X	L	H	X	X	X	X	?	blank
X	H	H	H	X	X	X	X	?	latch
H	L	H	H	L	L	L	L	H	blank
L	L	H	H	L	L	L	L	L	0
X	L	H	H	L	L	L	H	L	1
X	L	H	H	L	L	H	L	L	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
X	L	H	H	H	L	L	H	L	9
X	L	H	H	H	L	H	L	L	blank
X	L	H	H	H	L	H	H	L	blank
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
X	L	H	H	H	H	H	H	L	blank



4514 Dekoder 4 na 16 linii/ 4-bitowy zatrzask

INH	D4	D3	D2	D1	Sn = H *) n =
H	X	X	X	X	–
L	L	L	L	L	0
L	L	L	L	H	1
L	L	L	H	L	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
L	H	H	H	L	14
L	H	H	H	H	15

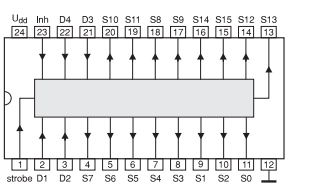
*) Pozostałe S_n = L



4515 Dekoder 4 na 16 linii/ 4-bitowy zatrzask

INH	D4	D3	D2	D1	Sn = L *) n =
H	X	X	X	X	–
L	L	L	L	L	0
L	L	L	L	H	1
L	L	L	H	L	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
L	H	H	H	L	14
L	H	H	H	H	15

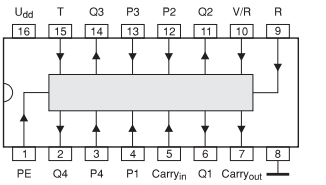
*) Pozostałe S_n = H



4516 Dwójkowy licznik rewersyjny

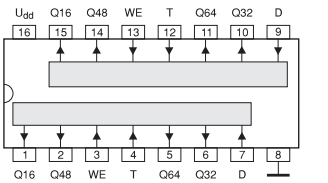
- Maksymalna częstotliwość taktowania: 3MHz przy 10V, 1,5MHz przy 5V
- Łączny pobór prądu: 0,4mA przy 5V, 0,8mA przy 10V
- Częstotliwość pracy: 1MHz

$Carry_{in}$	V/R	PE	R	Funkcja
H	X	L	L	no count
L	H	L	L	count ↑
L	L	L	L	count ↓
X	X	H	L	preset
X	X	X	H	reset



4517 Podwójny 64-bitowy statyczny rejestr przesuwający

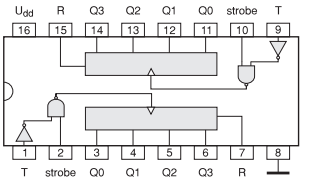
T	WE	D	Funkcja
L	L	X	Qn = zawartość bitu n
L	H	X	Wszystkie Qn = Z
H	L	X	Qn = zawartość bitu n
H	H	X	Wszystkie Qn = Z
⌟	L	L	Qn = zawartość bitu n, bit 1 = L
⌟	L	H	Qn = zawartość bitu n, bit 1 = H
⌟	H	L	Qn = zawartość bitu n–1, bit 1 = L
⌟	H	H	Qn = zawartość bitu n–1, bit 1 = H
⌝	L	X	Qn = zawartość bitu n
⌝	H	X	Wszystkie Qn = Z



4518 Podwójny licznik BCD

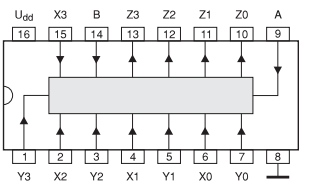
- Maksymalna częstotliwość taktowania: 6MHz przy 10V, 2,5MHz przy 5V
- Łączny pobór prądu: 0,8mA przy 5V, 1,6mA przy 10V
- Częstotliwość pracy: 1 MHz

T	R	strobe	Funkcja
X	H	X	Q0...Q3 = Z
X	L	⌟	–
⌝	L	X	–
⌟	L	L	–
H	L	⌝	–
L	L	⌝	count
⌟	L	H	count



4519 4-bitowy selektor AND/OR

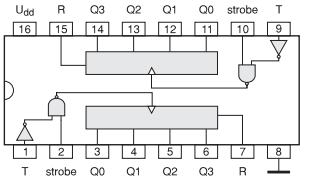
A	B	X_n	Y_n	Z_n
L	L	X	X	L
L	H	X	L	L
L	H	X	H	H
H	L	L	X	L
H	L	H	X	H
H	H	L	L	H
H	H	L	H	L
H	H	H	L	L
H	H	H	H	H



4520 Podwójny licznik dwójkowy

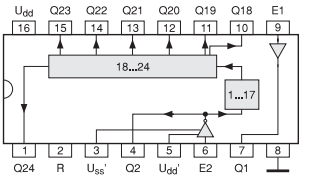
- Maksymalna częstotliwość taktowania: 6MHz przy 10V, 2,5MHz przy 5V
- Łączny pobór prądu: 0,8mA przy 5V, 1,6mA przy 10V
- Częstotliwość pracy: 1MHz

T	R	strobe	Funkcja
X	H	X	Q0...Q3 = Z
X	L	⌟	–
⌝	L	X	–
⌟	L	L	–
H	L	⌝	–
L	L	⌝	count
⌟	L	H	count



4521 24-stopniowy dzielnik częstotliwości

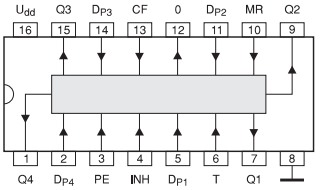
Wyjście	Podział przez
Q18	262 144
Q19	524 288
Q20	1 048 576
Q21	2 097 152
Q22	4 194 304
Q23	8 388 608
Q24	16 777 216



4522 Programowalny licznik BCD/dzielnik przez n

- Czas propagacji: 200ns przy 5V, 100ns przy 10V
- Maksymalna częstotliwość taktowania: 1MHz przy 5V, 2,5MHz przy 10V
- Łączny pobór prądu: 1,5mA przy 5V, 3mA przy 10V
- Częstotliwość pracy: 1MHz

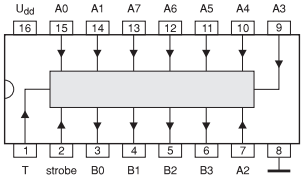
T	INH	PE	MR	Funkcja
L	L	L	L	–
⌟	L	L	L	count
X	H	L	L	–
H	⌝	L	L	count
X	X	H	L	preset
X	X	X	H	reset



0 – wyjście stanu „zero”
CF – wejście przeniesienia

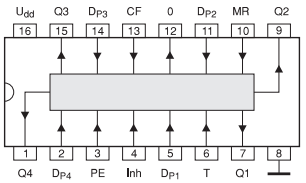
4524 256×4 bity pamięć ROM

T	strobe	Funkcja
⌟	H	read
⌝	H	latch
X	L	–



4526 Programowalny licznik dwójkowy/dzielnik przez n

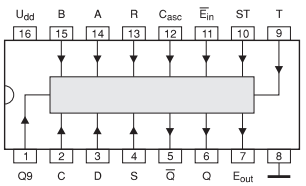
T	INH	PE	MR	Funkcja
L	L	L	L	–
⌐	L	L	L	count
X	H	L	L	–
H	¬	L	L	count
X	X	H	L	preset
X	X	X	H	reset



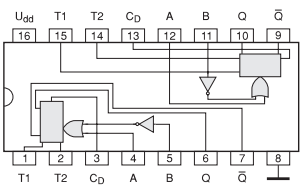
4527 Układ mnożący BCD

D	C	B	A	$\overline{E}_{in}$	ST	Casc	R	S	Q	$\overline{Q}$	E_{out}	Q9
X	X	X	X	H	L	L	L	L	–	–	–	–
X	X	X	X	L	H	L	L	L	L	H	1	1
X	X	X	X	L	L	H	L	L	H	L	1	1
H	X	X	X	L	L	L	H	L	10	10	H	L
L	X	X	X	L	L	L	H	L	L	H	H	L
X	X	X	X	L	L	L	L	H	L	H	L	H
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	1	1
L	L	L	H	L	L	L	L	L	1	1	1	1
L	L	H	L	L	L	L	L	L	2	2	1	1
L	L	H	H	L	L	L	L	L	3	3	1	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
H	L	L	L	L	L	L	L	L	8	8	1	1
H	L	L	H	L	L	L	L	L	9	9	1	1
H	X	X	L	L	L	L	L	L	8	8	1	1
H	X	X	H	L	L	L	L	L	9	9	1	1

*) 1...9 - liczba impulsów, T = 10 impulsów

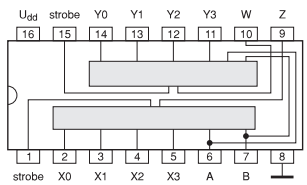


4528 Podwójny multiwibrator monostabilny



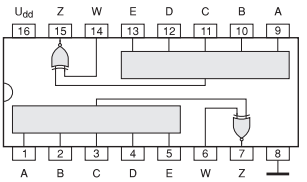
4529 Podwójny 4-kanałowy analogowy selektor danych

strobe	B	A	Połączenie
L	X	X	–
H	L	L	X0-Z Y0-W
H	L	H	X1-Z Y1-W
H	H	L	X2-Z Y2-W
H	H	H	X3-Z Y3-W

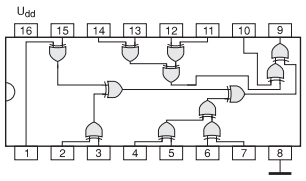


4530 Podwójna 5-wejściowa bramka logiki większościowej

A...E	W	Z
3 lub więcej = L	L	H
3 lub więcej = L	H	L
3 lub więcej = H	L	L
3 lub więcej = H	H	H

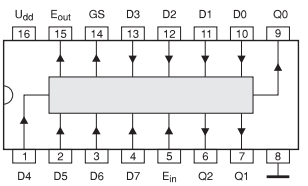


4531 12-bitowy kontroler hierarhii parzystości



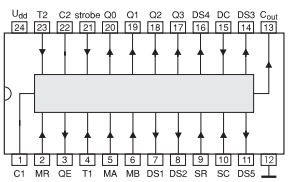
4532 8-bitowy koder priorytetu

E_{in}	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	GS	Q2	Q1	Q0	E_{out}
L	X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L
H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H
H	H	X	X	X	X	X	X	X	H	H	H	H	L
H	L	H	X	X	X	X	X	X	H	H	H	L	L
H	L	L	H	X	X	X	X	X	H	H	L	H	L
H	L	L	L	H	X	X	X	X	H	H	L	L	L
H	L	L	L	L	H	X	X	X	H	L	H	H	L
H	L	L	L	L	L	H	X	X	H	L	H	L	L
H	L	L	L	L	L	L	H	X	H	L	L	H	L
H	L	L	L	L	L	L	L	H	H	L	L	L	L



4534 5-dekadowy licznik czasu rzeczywistego

MR – główny reset
MA – tryb A
MB – tryb B
SR – reset skanera
SC – zegar skanera
C1/C2 – kondensatory
QE – wyjście błędu
Q0...Q3 – wyjścia BCD
DS1...DS5 – wybór cyfry
DC – sterowanie 3-stanowe DS1...DS5



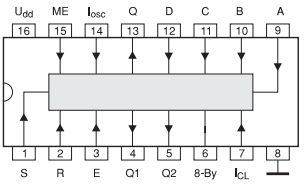
4536 Programowalny timer

24-stopniowy licznik dwójkowy z 16-stopniami wybieranymi przez kod binarny (wejścia A...D) i z wewnętrznym oscylatorem RC oraz multiwibratorem monostabilnym

E	S	R	I_{CL}	I_{OSC}	Q1	Q2	Q
⌐	L	L	L	L	⌐	¬	bez zmian
¬	L	L	L	L	¬	⌐	zmiana stanu
X	H	L	L	L	L	H	H
X	L	H	L	L	L	H	L
X	L	L	H	L	–	–	bez zmian
L	L	L	L	X	L	H	bez zmian
H	L	L	L	⌐	¬	⌐	zmiana stanu

D	C	B	A	Q (8-By=0)	Q (8-By=1)
L	L	L	L	9	1
L	L	L	H	10	2
L	L	H	L	11	3
L	L	H	H	12	4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
H	H	H	L	23	15
H	H	H	H	24	16

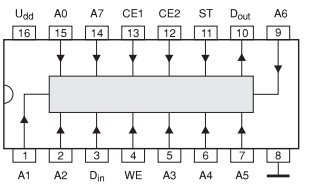
*) 1...24 – liczba stopni



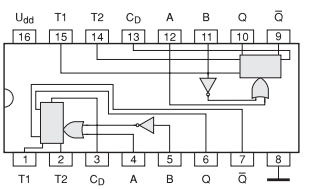
I_{OSC} – blokada oscylatora
I_{CC} – blokada zegara
8-By – obejście ośmiu stopni
ME – wejście multiwibratora
Q – wyjście

4537 256×1 bit statyczna pamięć RAM

CE1	CE2	ST	WE	Funkcja
H	X	X	X	–
X	H	X	X	–
L	L	L	L	write
L	L	L	H	read

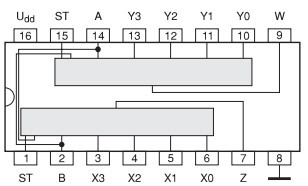


4538 Podwójny precyzyjny multiwibrator monostabilny



4539 Podwójny 4-kanałowy multiplekser

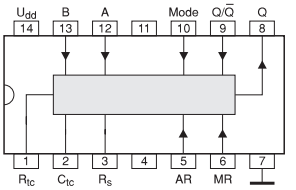
ST	B	A	X0	X1	X2	X3	Z
H	X	X	X	X	X	X	L
L	L	L	L	X	X	X	L
L	L	L	H	X	X	X	H
L	L	H	X	L	X	X	L
L	L	H	X	H	X	X	H
L	H	L	X	X	L	X	L
L	H	L	X	X	H	X	H
L	H	H	X	X	X	L	L
L	H	H	X	X	X	H	H



4541 Programowalny oscylator/-timer

A	B	Stopnie licznika	Podział przez
L	L	13	8192
L	H	10	1024
H	L	8	256
H	H	16	65536

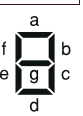
Końcówka	= L	= H
5	auto reset aktywny	auto reset nieaktywny
6	timer włączony	włączony główny reset
9	Q = L po reset	Q = H po reset
10	jeden cykl	tryb odświeżenia cyklu

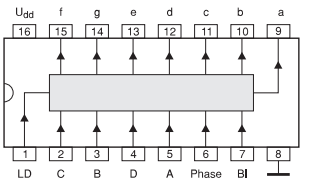


4543 Dekoder BCD na 7 segmentów/zatrzask/driver

LD	BI	D	C	B	A	Wyświetlacz
X	H	X	X	X	X	blank
¬	L	X	X	X	X	latch
H	L	L	L	L	L	0
H	L	L	L	L	H	1
H	L	L	L	H	L	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
H	L	H	L	L	H	9
H	L	H	L	H	L	blank
H	L	H	L	H	H	blank
H	L	H	H	L	L	blank
H	L	H	H	L	H	blank
H	L	H	H	H	L	blank
H	L	H	H	H	H	blank

Phase	Typ wyświetlacza
	LCD
L	LED – wspólna katoda
H	LED – wspólna anoda

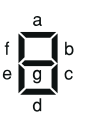


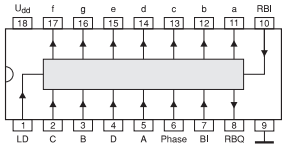


4544 Dekoder BCD na 7 segmentów/zatrzask/driver z gaszeniem migotania

LD	BI	D	C	B	A	Wyświetlacz
X	H	X	X	X	X	blank
¬	L	X	X	X	X	latch
H	L	L	L	L	L	0
H	L	L	L	L	H	1
H	L	L	L	H	L	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
H	L	H	L	L	H	9
H	L	H	L	H	L	blank
H	L	H	L	H	H	blank
H	L	H	H	L	L	blank
H	L	H	H	L	H	blank
H	L	H	H	H	L	blank
H	L	H	H	H	H	blank

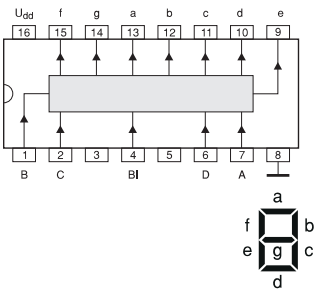
Phase	Typ wyświetlacza
	LCD
L	LED – wspólna katoda
H	LED – wspólna anoda





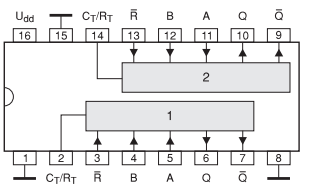
4547 Dekoder BCD na 7 segmentów/zatrzask/driver

BI	D	C	B	A	Wyświetlacz
L	X	X	X	X	blank
H	L	L	L	L	0
H	L	L	L	H	1
H	L	L	H	L	2
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
H	H	L	L	H	9
H	H	L	H	L	blank
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

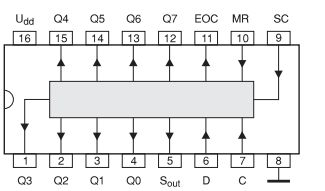


4548 Podwójny multiwibrator monostabilny

$\overline{R}$	A	B	Q	$\overline{Q}$
L	X	X	L	H
H	L	X	L	H
H	X	H	L	H
H	⌞	L	⌞⌟	⌜⌟
H	H	⌟	⌞⌟	⌜⌟

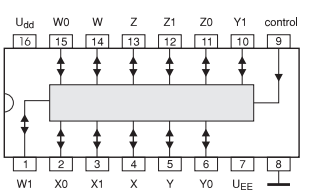


4549 Rejestr aproksymacji sukcesywnej



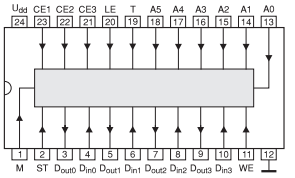
4551 Poczwórny 2-kanałowy multiplekser/demultiplekser analogowy

control	Połączenie
L	W-W0 X-X0 Y-Y0 Z-Z0
H	W-W1 X-X1 Y-Y1 Z-Z1



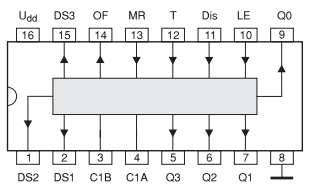
4552 64×4 bit statyczna pamięć RAM

CE1	CE2	CE3	T	LE	M	ST	WE	D_{out}	D_{in}
H	X	X	X	X	X	X	X	nieaktywne	nieaktywne
X	H	X	X	X	X	X	X	nieaktywne	nieaktywne
X	X	H	X	X	X	X	X	nieaktywne	nieaktywne
L	L	L	L	X	X	X	H	read	nieaktywne
L	L	L	L	X	H	X	H	read	nieaktywne
L	L	L	X	L	X	L	X	latch	nieaktywne
L	L	L	X	X	X	L	L	?	write



4553 3-cyfrowy licznik BCD

MR	T	DIS	LE	Funkcja
L	⌟	L	L	–
L	⌞	L	L	count
L	X	H	X	–
L	H	⌟	L	count
L	H	⌞	L	–
L	L	X	X	–
L	X	X	⌟	latch
L	X	X	H	latch
H	X	X	L	reset



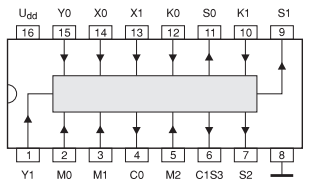
OF – przepełnienie
C1A/C1B – kondensatory
DS1...DS3 – wybór cyfry

4554 2×2-bitowy równoległy dwójkowy układ mnożący

$$S = (X \times Y) + K + M$$

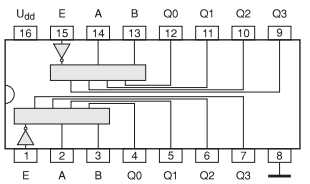
gdzie S, X, Y, K, M są następującymi liczbami binarnymi:

S = S3 S2 S1 S0
X = X1 X0
Y = Y1 Y0
K = K1 K0
M = M1 M0



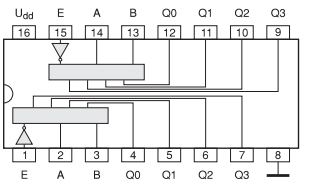
4555 Podwójny demultiplekser 2 na 4 linie

E	B	A	Q3	Q2	Q1	Q0
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	H	H	H	L
L	L	H	H	H	L	H
L	H	L	H	L	H	H
L	H	H	L	H	H	H



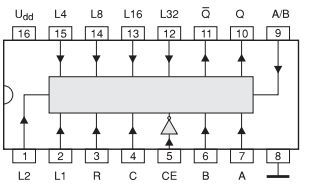
4556 Podwójny demultiplekser 2 na 4 linie

E	B	A	Q3	Q2	Q1	Q0
H	X	X	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	H
L	L	H	L	L	H	L
L	H	L	L	H	L	L
L	H	H	H	L	L	L



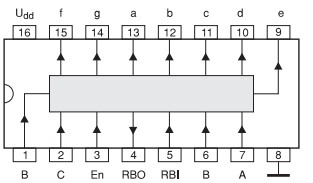
4557 Rejestr przesuwający o zmiennej długości słowa (1 do 64 bitów)

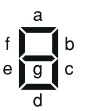
L32	L16	L8	L4	L2	L1	Długość
L	L	L	L	L	L	1 bit
L	L	L	L	L	H	2 bity
L	L	L	L	H	L	3 bity
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
H	H	H	H	L	H	62 bity
H	H	H	H	H	L	63 bity
H	H	H	H	H	H	64 bity



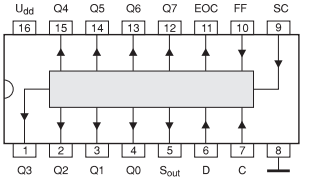
4558 Dekoder BCD na 7 segmentów

EN	RBI	D	C	B	A	RBO	Wyświetlacz
L	L	X	X	X	X	L	8
L	H	X	X	X	X	H	blank
H	L	L	L	L	L	L	blank
H	H	L	L	L	L	H	0
H	X	L	L	L	H	H	1
H	X	L	L	H	L	H	2
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
H	X	H	L	L	H	H	blank
H	X	H	L	H	L	H	blank
H	X	H	L	H	H	H	blank
H	X	H	H	L	L	H	blank
H	X	H	H	L	H	H	blank
H	X	H	H	H	L	H	blank
H	X	H	H	H	H	H	blank



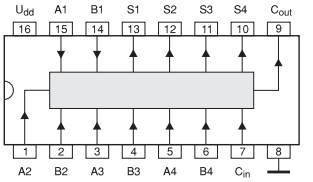


4559 Rejestr aproksymacji sukcesywnej



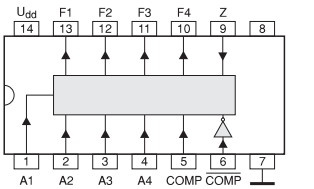
4560 Sumator NBCD

A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C_N	C_{OUT}	S4	S3	S2	S1
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	H
L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	H
L	L	L	L	L	L	H	H	L	L	L	L	H	L
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
H	L	L	L	H	L	L	L	L	H	L	L	L	L
H	L	L	H	H	L	L	H	L	H	L	L	H	L



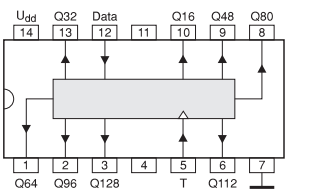
4561 Układ dopełnienia do 9-ciu

Z	Comp	$\overline{Comp}$	F1...F4
H	X	X	L
L	L	L	A1...A4
L	L	H	A1...A4
L	H	L	uzupełnienie
L	H	H	A1...A4

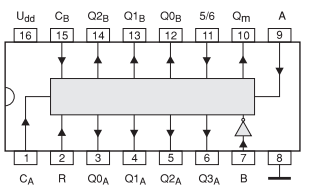


4562 128-bitowy statyczny rejestr przesuwający

T	Funkcja
L	–
⌟	shift

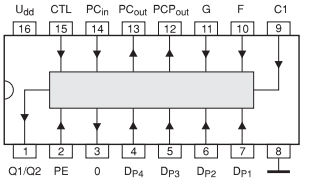


4566 Przemysłowy układ czasowy

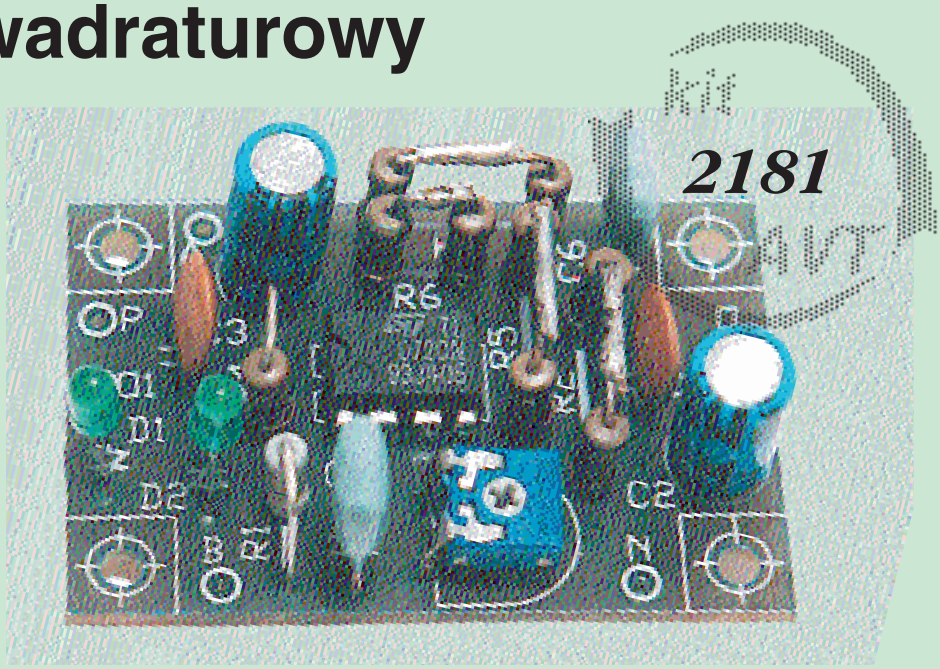


4568 Komparator fazy/licznik programowalny

F	G	D_{P4}	D_{P3}	D_{P2}	D_{P1}	Stopień 1 podział przez	Stopień 2 podział przez
L	L	X	X	X	X	4	
L	H	X	X	X	X	16	
H	L	X	X	X	X	64	
H	H	X	X	X	X	100	
X	X	L	L	L	L		zabroniony!
X	X	L	L	L	H		1
X	X	L	L	H	L		2
.	.	.	.	.	.		.
.	.	.	.	.	.		.
X	X	H	H	H	L		14
X	X	H	H	H	H		15



Generator kwadraturowy



Do czego to służy?

W każdej pracowni elektronicznej potrzebne są generatory. O ile bez większych problemów można zbudować generatory przebiegów prostokątnych, o tyle budowa generatorów przebiegu sinusoidalnego, wcale nie jest tak łatwa, zwłaszcza jeśli chodzi o generatory dające przebieg niezniekształcony, o małej zawartości harmonicznych.

W artykule opisano prosty generator przebiegu sinusoidalnego, wykonany z użyciem podwójnego wzmacniacza operacyjnego. Bez kłopotu można uzyskać zawartość zniekształceń nieliniowych poniżej 0,2%, co z powodzeniem wystarczy do wielu zastosowań. Opisany układ może służyć jako warsztatowy generator przebiegu sinusoidalnego.

Przedstawiony generator ma jednak nie jedno, ale dwa wyjścia, na których dostępne są jednocześnie dwa przebiegi (sinusoidalne) przesunięte w fazie o 90 ($\pi/2$). Patrząc z matematycznego punktu widzenia, są to przebiegi: sinusoidalny i kosinusoidalny. Jak wiadomo ze znanego ze szkoły wzoru:

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$$

Dla początkujących podany wzór nie ma żadnego znaczenia, bo wykorzystają tylko jeden z przebiegów. Bardziej zaawansowani mogą wykorzystać oba przebiegi do bardzo ciekawych celów. Na przykład w niektórych układach przetwarzania sygnałów potrzebne są sygnały sinusoidalny i kosinusoidalny. Zamiast stosować przesuwniki fazowe, wystarczy zastosować opisany dalej generator.

Podaną zależność wykorzystuje się też w obwodach automatycznej regulacji amplitudy, gdzie przy zastosowaniu układów mnożących uzyskuje się bez żadnego opóźnienia sygnał proporcjonalny do amplitudy generowanych drgań (ściślej do kwadratu amplitudy). To zagadnienie jest jednak dość skomplikowane i nie będzie szczegółowo analizowane.

Jak to działa?

Podstawowy schemat ideowy generatora realizującego zmienne stanu, zwanego też generatorem kwadraturowym pokazano na **rysunku 1** (znane są także inne rozwiązania układowe takich generatorów, zawierające albo trzy wzmacniacze operacyjne, albo trzy obwody RC). Przede wszystkim należy zauważyć obecność w układzie dwóch kondensatorów C tworzących ze współpracującymi rezystorami obwody (całkujące) RC. Zastosowane rezystory mają ściśle ustalone wartości – w układzie występują rezystory o pewnej rezystancji R oraz o dwukrotnie większej rezystancji 2R.

Wszyscy wiedzą, że w kondensatorze (i obwodzie RC) napięcie opóźnia się względem prądu. Można się słusznie domyślać, że w prezentowanym układzie występują dwa stopnie przesuwania fazy, wykorzystujące wspomniane dwa kondensatory.

Warunkiem wzbudzenia drgań jest takie przesunięcie fazy, by uzyskać dodatnie sprzężenie zwrotne. Ale właściwa faza to nie wszystko. Konieczne jest także całkowite wzmocnienie układu wynoszące teoretycznie dokładnie 1. Taki warunek spełniony jest w układzie z rysunku 1.

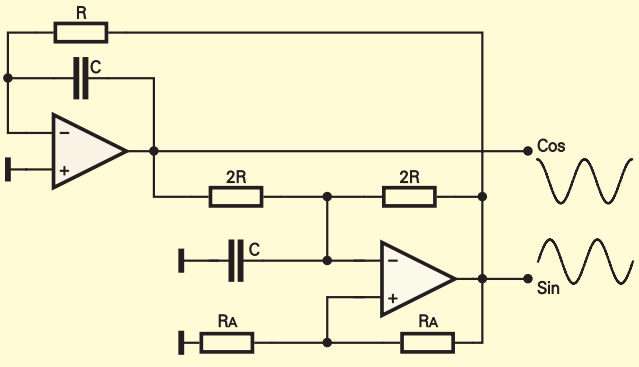
Jeśli całkowite wzmocnienie (wyznaczane między innymi stosunkiem rezystorów RA) byłoby dużo większe, zamiast przebiegu sinusoidalnego uzyska się na wyjściu sygnał zbliżony do prostokątnego. Jeśli wzmocnienie byłoby mniejsze do 1, to układ się nie wzbudzi i nie będzie generatorem.

Warunkiem powstania drgań sinusoidalnych jest więc precyzyjne dobranie wypadkowego wzmocnienia całego układu. I to jest główny problem praktyczny przy konstruowaniu generatorów sinusoidalnych, bo wzmocnienie zależy od wielu czynników, na przykład od temperatury. Jeśli wzmocnienie choć odrobinę spadnie, amplituda sygnału szybko się zmniejszy i układ przestaje generować. Jeśli wzmocnienie jest zbyt duże, amplituda szybko rośnie, wzmacniacze operacyjne się nasycają, i przebieg sinusoidalny ma obcięte wierzchołki, a tym samym zawartość harmonicznych radykalnie wzrasta do co najmniej kilku procent.

Teoretycznie ustalenie właściwego wzmocnienia jest możliwe przez zastosowanie rezystorów i kondensatorów o dokładnie dobranych wartościach. **W praktyce występują liczne czynniki wpływające na wzmocnienie, dlatego należy:**

- **ustawić wzmocnienie nieco ponad 1 (by generator w miarę szybko zaczął pracę po włączeniu zasilania)**
- **wprowadzić obwód lub element automatycznie regulujący wzmocnienie w zależności od poziomu sygnału na wyjściu.**

W niektórych generatorach sinusoidalnych do stabilizacji wzmocnienia stosuje się element nieliniowy: miniaturową żaróweczkę lub termistor. W innych o wymaganą wartość wzmocnienia troszczy się złożony obwód regulacyjny z tranzystorem FET lub fotorezystorem. W jeszcze innych generatorach do regulacji wzmocnienia (a tym samym stabilizacji amplitudy na wyjściu) stosuje się analogowe układy

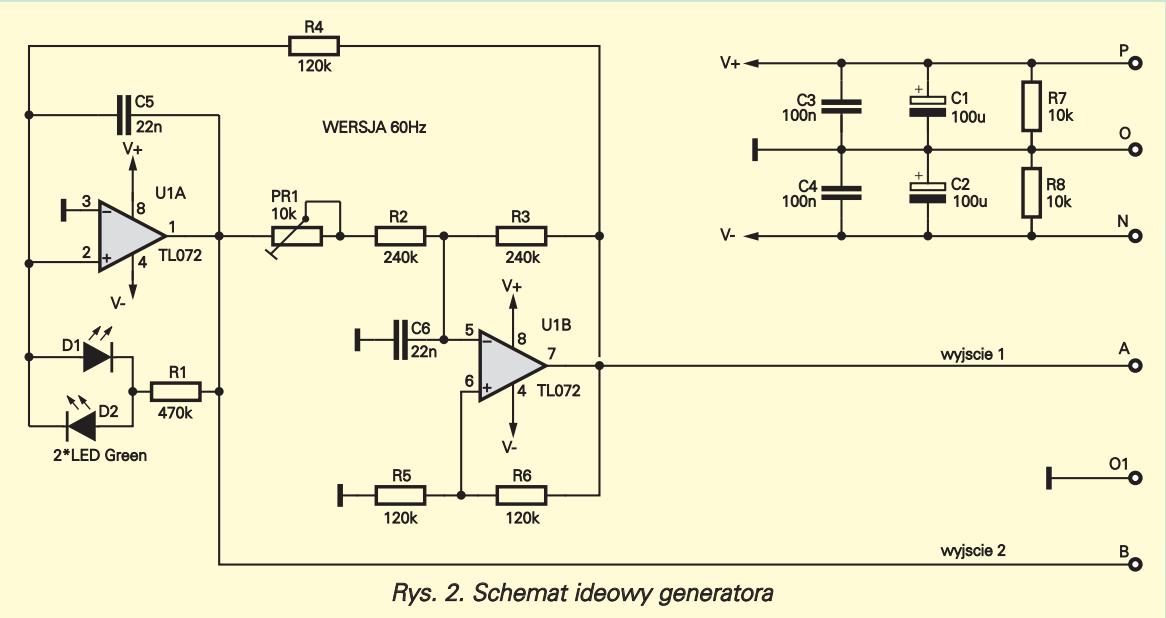


Rys. 1. Podstawowy schemat generatora kwadraturowego

mnożące. Wszystkie wymienione sposoby przy starannym zaprojektowaniu układu pozwalają uzyskać zawartość zniekształceń poniżej 0,01%. Jednocześnie sposoby te mają swoje wady.

Innym, bardzo prostym sposobem jest zastosowanie elementu nieliniowego w postaci diod Zenera. Diody takie zaczynają przewodzić dopiero wtedy, gdy amplituda przebiegu na wyjściu wzmacniacza przekroczy napięcie tych diod Zenera. Przepływ prądu można traktować jako zmniejszenie się rezystancji (dynamicznej) tych diod. Czyli diody te pracują w roli zmiennej rezystancji: jest ona nieskończenie duża przy małych amplitudach sygnału wyjściowego i maleje przy przekroczeniu pewnego progu.

Ta zmienna rezystancja diod Zenera przy dużych poziomach sygnału ogranicza wzmocnienie, nie pozwalając na dalszy wzrost sygnału. Oczywiście wprowadzenie do układu takiego elementu nieliniowego wiąże się z pewnym zniekształceniem sygnału.



Rys. 2. Schemat ideowy generatora

Pełny schemat ideowy modułu generatora kwadraturowego pokazany jest na **rysunku 2**. W roli zmiennej rezystancji pracują dwie włączone przeciwsobnie diody LED D1 i D2, pełniące rolę diod Zenera (rezystancji zależnej od amplitudy przebiegu).

Dodatkowo, dla zmniejszenia zniekształceń nieliniowych, dodany został rezystor szeregowy R1.

Jak wspomniano wcześniej, aby układ startował w sposób pewny i szybki, wzmocnienie należy ustawić na wartość nieco większą niż 1. W układzie służy do tego potencjometr PR1.

Układ może być wykorzystany jako część większego urządzenia i wtedy zapewne będzie zasilany napięciem symetrycznym, dołączonym do punktów P, O, N. W takim wypadku nie potrzebne są rezystory R7 i R8.

Próby wykazały, że układ zawierajacy kostkę TL072(082) może być zasilany napięciem ±3...±15V.

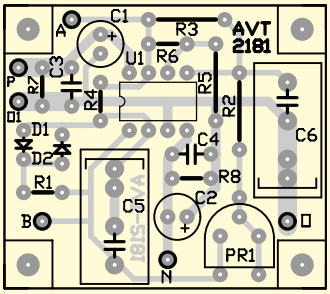
Układ może być także zasilany pojedynczym napięciem 6...30V – potrzebne są wówczas rezystory R7 i R8 wytwarzające sztuczną masę.

Montaż i uruchomienie

Generator można zmontować na płytce drukowanej pokazanej na **rysunku 3**.

Montaż jest klasyczny, nie sprawi trudności.

W układzie modelowym zastosowano niskoszumny układ TL072, ale w praktyce śmiało można stosować popularniejszą kostkę TL082; nie zmieni to właściwości generatora.



Rys. 3. Schemat montażowy

W zestawie AVT-2181 w roli kondensatorów C5 i C6 przewidziano zastosowanie albo precyzyjnych kondensatorów styrofleksowych o tolerancji 0,5%, albo dobieranych z dokładnością 0,5% kondensatorów MKT (MKSE). Kluczowe rezystory powinny być dobrej jakości rezystorami metalizowanymi o tolerancji 1%.

Na schemacie ideowym podano wartości elementów dla wersji o częstotliwości 60Hz.

W wykazie elementów podano też wartości dla częstotliwości 1kHz – takie elementy będą dostarczane w zestawie AVT-2181B.

Jak podano wcześniej, dla uzyskania innych częstotliwości pracy (1Hz...50kHz), zarówno wartości kondensatorów C5, C5, jak i rezystorów R2 – R6 mogą być zmieniane w szerokich granicach.

Niestety, nie jest możliwe proste przerobienie układu na generator przestrajany płynnie, bo wymagałoby to jednoczesnej zmiany wartości kondensatorów C5 i C6. Możliwe jest natomiast wykonanie generatora przestrajanego skokowo – wystarczy zastosować wielopozycyjny przełącznik dwuobwodowy i dołączać nim kondensatory o różnych wartościach.

c.d. na str. 56

Wykaz elementów

(opcja 60Hz)

Rezystory
R1: 470kΩ
R2,R3: 242kΩ 1% (składane z dwóch 121kΩ)
R4,R5,R6: 121kΩ 1%
R7,R8: 10kΩ
PR1: 10kΩ

Kondensatory
C1,C2: 100µF/16V
C3,C4: 100nF
C5,C6: 22,1nF 0,5% styrofleksowe lub 22nF MKT dobierane z tolerancją 0,5%

Półprzewodniki
D1,D2: LED 3mm ziel.
U1: TL072 lub TL082

(opcja 1kHz)

Rezystory
R1: 100kΩ
R2,R3: 45,2kΩ 1% (składane z dwóch 22,6kΩ)
R4,R5,R6: 22,6kΩ 1%
R7,R8: 10kΩ
PR1: 2,2kΩ

Kondensatory
C1,C2: 100µF/16V
C3,C4: 100nF
C5,C6: 6,81nF 0,5% styrofleksowe lub 6,8nF MKT dobierane z tolerancją 0,5%

Półprzewodniki
D1,D2: LED 3mm ziel.
U1: TL072 lub TL082

Uwaga!

W skład zestawu AVT-2181 wchodzą elementy do budowy wersji generatora 1000Hz.

Prosty zasilacz stabilizowany

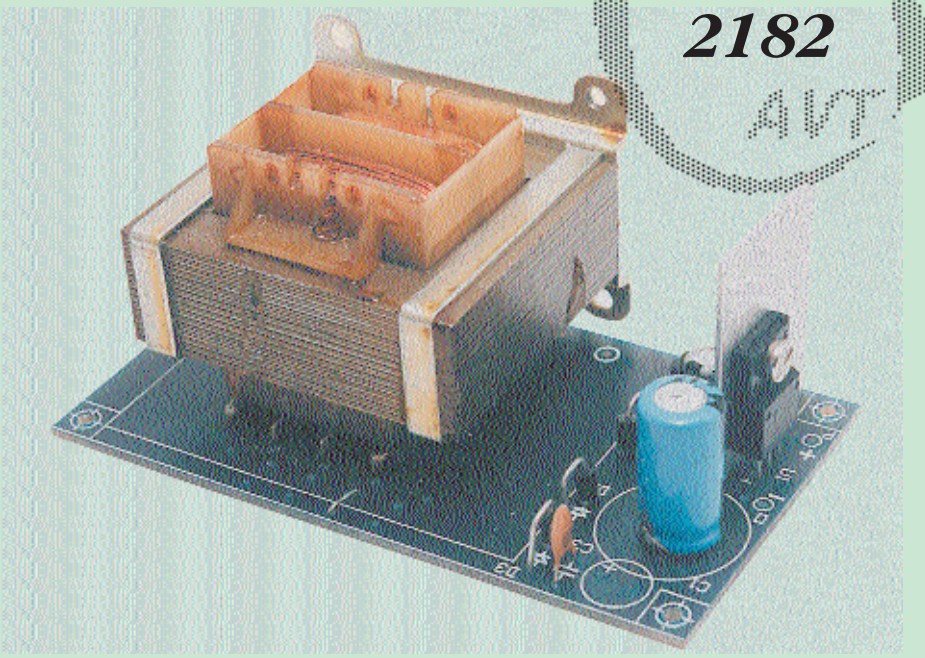
kit 2182 AVT

Do czego to służy?

W wielu przypadkach, hobbysta budujący jakiś układ elektroniczny nie chce tracić czasu na samodzielne opracowanie zasilacza i gotów jest zastosować jakiś gotowy zasilacz.

Przedstawiony układ jest przeznaczony do takich właśnie celów – jako moduł wchodzący w skład większego urządzenia.

Zaletą proponowanego rozwiązania jest możliwość umieszczenia na płytce drukowanej praktycznie dowolnego transformatora o mocy 2...20W.



Jak to działa?

Schemat ideowy układu pokazano na rysunku 1. Jak widać, układ jest klasyczny i nie wymaga szczegółowych objaśnień. Napięcie z transformatora jest prostowane (D1...D4), filtrowane (C1, C3) i stabilizowane (U1, C2, C4).

W zależności od potrzeb należy zastosować transformator o odpowiedniej mocy i napięciu wyjściowym oraz stabilizator o potrzebnym napięciu nominalnym.

W układzie można wykorzystać dowolny stabilizator rodziny 78XX (np. 7805, 7806, 7809, 7812, 7815, 7818).

Wyczerpujące informacje o stabilizatorach były zamieszczone w EdW 9/96 i 10/96.

Początkującym należy przypomnieć, że w katalogach transformatorów podaje się wartość skuteczną zmiennego napięcia wyjściowego na uzwojeniu wtórnym, przy obciążeniu rezystancyjnym i podanym prądzie obciążenia. Przykładowo katalogowa informacja TS 4/33 9V 0,3A świadczy, że uzwojenie wtórne transformatora przy obciążeniu prądem 0,3A daje napięcie 9V. Są to wartości skuteczne napięcia i prądu zmiennego. W zasadzie napięcie szczytowe przebiegu sinusoidalnego jest 1,41 razy większe od jego wartości skutecznej. Po wyprostowaniu (przy pełnym obciążeniu) nie uzyska się jednak na kondensatorze C1 napięcia 1,41 * 9V = 12,69V, bo należy uwzględnić spadek napięcia na dwóch diodach prostowniczych (około 1,5V) a także spadek napięcia na rezystancji uzwojenia przy dużym impulsowym prądzie, który płynie przez uzwojenie tylko w szczytach sinusoidy.

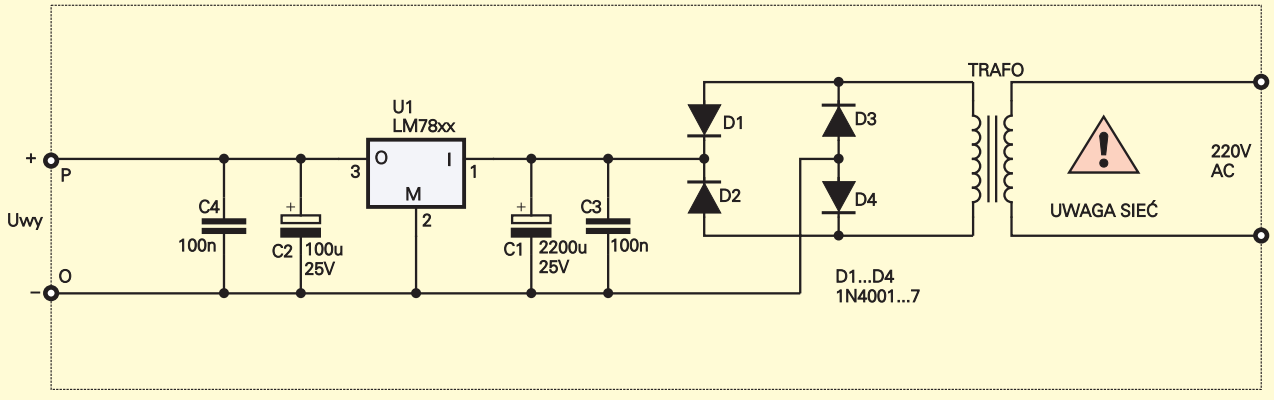
W efekcie przy pełnym obciążeniu napięcie na kondensatorze C1 będzie mniejsze niż obliczone 12,69V. Należy jeszcze uwzględnić tętnienia napięcia na niezbyt dużej pojemności filtrującej C1, oraz spadek napięcia wymagany do prawidłowej pracy stabilizatora (1,5...2V) i okaże się, że napięcie pracy stabilizatora nie powinno być większe niż 9V.

9V, czyli tyle ile wynosi skuteczna wartość napięcia zmiennego na uzwojeniu wtórnym.

Ta zależność jest często wykorzystywana do wstępnego doboru transformatora: katalogowe (zmienne) napięcie transformatora powinno być równe lub trochę większe od potrzebnego napięcia wyjściowego. W przypadku niskich napięć wyjściowych (3...6V) należy zastosować transformator o nieco większym napięciu, natomiast dla napięć wyjściowych 12V i większych wystarczy, by transformator miał katalogowe napięcie wyjściowe (zmienne) równe potrzebnemu stabilizowanemu (stałemu) napięciu wyjściowemu.

Należy zauważyć, że analiza dotyczy napięcia katalogowego, mierzonego przy obciążeniu nominalnym. W stanie spoczynku transformatory, zwłaszcza te mniejszej mocy, mają napięcie wyjściowe zdecydowanie większe (małe 2-watowe nawet o kilkadziesiąt procent). Należy to uwzględnić przy doborze napięcia pracy kondensatora filtrującego C1.

Ponadto należy mieć świadomość, że podany w katalogu prąd obciążenia jest mierzony przy obciążeniu rezystan-



Rys. 1. Schemat ideowy

cyjnym. Ponieważ po wyprostowaniu napięcie wzrasta (prawie o 40%), a moc transformatora jest w przybliżeniu stała, a więc z zasilacza nie powinno się pobierać prądu stałego o wartości podanej w katalogu, tylko co najwyżej prąd 1,41 razy mniejszy – praktycznie do 70% wartości prądu podanego w katalogu. Wtedy moc pobierana z transformatora będzie mniej więcej równa mocy nominalnej wynikającej z przemnożenia napięcia i prądu podanych w katalogu.

Montaż i uruchomienie

Zasilacz można zmontować na płytce pokazanej na **rysunku 2**. Jak widać układ ścieżek pozwala wykorzystać praktycznie dowolny typowy transformator z wyprowadzeniami przystosowanymi do wlutowania w płytkę.

W zależności od użytego transformatora trzeba też wykonać odpowiednie zwory, by połączyć uzwojenie wtórne z prostownikiem.

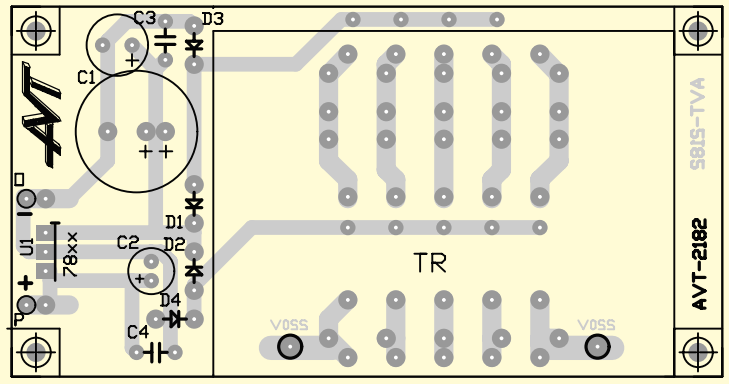
Na płytce przewidziano miejsce na dwa kondensatory elektrolityczne za prostownikiem, dzięki czemu w roli C1 można zastosować dwa kondensatory, na przykład 1000µF/25V, które będą odpowiednie do ogromnej większości zastosowań.

Uwaga!
W urządzeniu występują napięcia mogące stanowić śmiertelne zagrożenie dla życia! Osoby niepełnoletnie mogą wykonać i uruchomić opisany układ tylko pod opieką wykwalifikowanych osób dorosłych.

Zestaw AVT-2182B nie zawiera transformatora i stabilizatora. Należy je zamówić oddzielnie lub zdobyć we własnym zakresie.

Montaż układu jest klasyczny, nikomu nie powinien sprawić trudności. Zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchomiania i od razu powinien pracować poprawnie.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski



Rys. 2. Schemat montażowy

Wykaz elementów

Kondensatory
C1: 2200µF/25V lub 2 x 1000µF/25V
C2: 100µF/25V
C3,C4: 100nF ceramiczny

Półprzewodniki
D1-D4: 1N4001...7
płytka drukowana wg rysunku 2

Uwaga!
Transformator sieciowy i stabilizator nie wchodzą w skład zestawu: należy je zamówić oddzielnie według potrzeb.

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny" AVT-2182.

Generator kwadraturowy

c.d. ze str. 54

Jeśli ktoś chciałby wykorzystać układ w roli prostego generatora przebiegu sinusoidalnego zasilanego z baterii 9V, może dodać obwód wyjściowy pokazany na **rysunku 4**.

Po zmontowaniu, układ generatora należy wyregulować. W zasadzie określenie regulacja jest zbyt poważne – należy ustawić odpowiednio potencjometr PR1. Przy skręceniu potencjometru na minimum rezystancji układ może nie pracować, a może będzie pracował w każdej pozycji potencjometru PR1 (zależy to od nieuniknionego rozrzutu parametrów użytych elementów). Potencjometr należy ustawić na możliwie małą wartość, przy której układ pracuje stabilnie.

Czym większa rezystancja czynna potencjometru PR1, tym układ pewniej się wzbudza, stabilniej pracuje, ale przebieg wyjściowy ma większe zniekształcenia i nieco większą amplitudę. Mniejsza rezystancja czynna PR1 to mniejsze zniekształcenia, ale też większe ryzyko, że przy zmianach temperatury czy napięcia zasilania, układ przestanie generować.

Dobrą wskazówką przy ustawianiu wartości PR1 jest czas wzbudzania się drgań po włączeniu zasilania. Jeśli prawidłowe drgania pojawiają się dopiero po kilku sekundach, to znaczy że potencjometr PR1 ma za małą wartość.

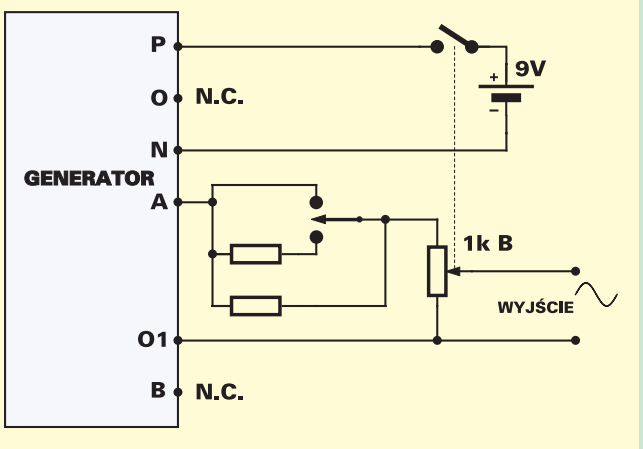
Próby przeprowadzone w układami modelowymi wykazały, iż bez trudu można osiągnąć zawartość harmonicznych poniżej 1%. W układach modelowych dobrą i stabilną pracę uzyskano przy niewielkiej rezystancji czynnej potencjometru PR1 i zawartości zniekształceń 0,15...0,2%.

Należy też wiedzieć, że czym większa rezystancja R1, tym mniejsze zniekształcenia.

Osoby, które nie mają miernika pojemności i cyfrowego omomierza, a tym samym nie potrafią dobrać precyzyjnie wartości kondensatorów i rezystorów, mogą zbudować opisany generator przy użyciu typowych elementów o tolerancji 5...20% i układ również powinien pracować. Co najwyżej zwiększy się trochę zawartość zniekształceń, a poziomy na wyjściach A i B mogą nie być jednakowe.

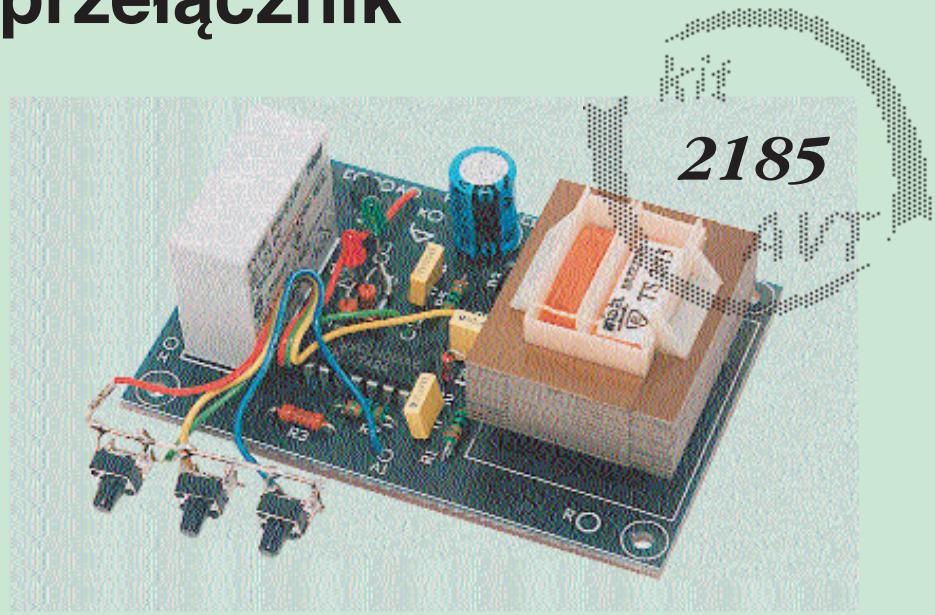
Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny" AVT-2181.



Rys. 4. Dołączenie obwodów wyjściowych

Uniwersalny przełącznik



Do czego to służy?

Przed laty w układach sterowania urządzeniami zasilanymi z sieci energetycznej powszechnie stosowano dwa przyciski. Jeden, opisany ZAŁĄCZ zwykle miał kolor zielony, a drugi WYŁĄCZ lub STOP – kolor czerwony. Nawet krótkie naciśnięcie pierwszego włączało urządzenie. Drugi przycisk służył do wyłączania.

Do zrealizowania takiego obwodu sterowania, oprócz wymienionych dwóch przycisków, potrzebny był także stycznik.

Obecnie w epoce powszechnej elektronizacji taki sposób sterowania można i należy realizować inaczej.

Opisany dalej prosty układ służy do sterowania za pomocą dwóch przycisków (załącz/wyłącz). Dodatkowy trzeci przycisk umożliwia jeszcze inny sposób sterowania: kolejne naciskanie tego przycisku powoduje na przemian włączanie i wyłączanie urządzenia.

Układ w wersji z przekaźnikiem RM81 nadaje się do sterowania urządzeniami zasilanymi z sieci 220V o mocy do 3,5kW.

Dla zwiększenia uniwersalności przewidziano również możliwość zastosowania tranzystorów mocy, które w systemach zasilanych napięciami 6...18V mogą sterować pracą odbiorników o poborze prądu do kilkudziesięciu amperów.

Opisany układ może być wykorzystany jako samodzielny blok sterujący, ale może też stanowić część wykonawczą jakiegoś większego systemu. Układ jest też praktycznym przykładem wykorzystania przerzutników D, opisywanych w cyklu „Pierwsze kroki w cyfrówce".

Wykaz elementów

Rezystory
R1,R2,R4,R5: 100kΩ
R3: 1MΩ
R6,R8,R9: 2,2kΩ
R7: nie montować

Kondensatory
C1: 470µF/25V
C2-C4: 100nF

Półprzewodniki
D1-D4: diody 1A np. 1N4001...7
D5: dioda 0,2A np. 1N4148
D6,D7: LED 3mm czerwona i zielona
T1: BC548 lub podobny
T2: MOSFET N np. BUZ10 (nie montować)
T3: MOSFET P np. BUZ271 (nie montować)
U1: CMOS 4013

Pozostałe
PK: przekaźnik RM 81/12V
TR: transformator TS 2/15
W1,W2,W3: przyciski

Uwaga!
Elementy T2, T3, R7 nie wchodzą w skład kitu AVT-2185.

Jak to działa?

Schemat ideowy układu pokazano na rysunku 1. Sercem urządzenia jest przerzutnik typu D z układu CMOS 4013 (U1B). Pracą w trybie załącz/wyłącz sterują przyciski W2 (załącz) i W3 (wyłącz). Rezystory R4 i R5 w stanie spoczynku wymuszają na wejściach S i R stan niski. Kondensatory C3 i C4 gwarantują, że po włączeniu zasilania na wyjściu Q pojawi się stan niski. Dodatkowo kondensatory te filtrują ewentualne zakłócenia, jakie mogłyby się indukować w długich przewodach prowadzących do przycisków W2 i W3.

Zamiast przycisków W2, W3 mogą być zastosowane inne elementy, np. fototranzystory, termistory, itp. Wtedy układ będzie sterowany zmianami oświetlenia czy temperatury. Do punktów B1, E1 mogą też być dołączone wyjścia innych układów – wtedy moduł stanie się blokiem wykonawczym.

W takich przypadkach moduł może znaleźć szereg ciekawych zastosowań zwłaszcza, że do zasilania dodatkowych układów można wykorzystać napięcie z kondensatora C1 (ale należy pamiętać, że nie jest to napięcie stabilizowane i zmniejsza się przy zadziałaniu przekaźnika PK).

Dzięki połączeniu wyjścia Q\ z wejściem D, przerzutnik D został przekształcony w przerzutnik T. Tym samym, każde narastające zbocze na wejściu zegarowym CLK zmienia stan wyjść przerzutnika na przeciwny. Steruje tym przycisk W1. Jedno naciśnięcie tego przycisku włącza przekaźnik, następne wyłącza, kolejne włącza, i tak dalej...

Ewentualne drgania styków przycisku W1, a także zakłócenia indukowane w przewodach, które do niego prowadzą, są eliminowane przez kondensator C2 i rezystor R1.

Aby zagwarantować właściwą stromość zboczy sygnału zegarowego dla przerzutnika U1B, zastosowano układ Schmitta z histerezą. W roli bramki Schmitta wykorzystano nietypowo drugi przerzutnik U1A. Podanie na stałe stanu wysokiego na wejście R powoduje, że stan wyjścia Q jest taki sam, jak stan podany na wejście S. Między wejściem S, a wyjściem Q uzyskuje się więc bufor nieodwracający. Dodanie dwóch rezystorów R2, R3 przekształca ten bufor w nieodwracający bufor z histerezą.

W układzie przewidziano dwie kontrolki w postaci diod LED D6 i D7. Zielona dioda może sygnalizować stan spoczynku (D7), czerwona – włączenie (D6), ale można diody włączyć odwrotnie.

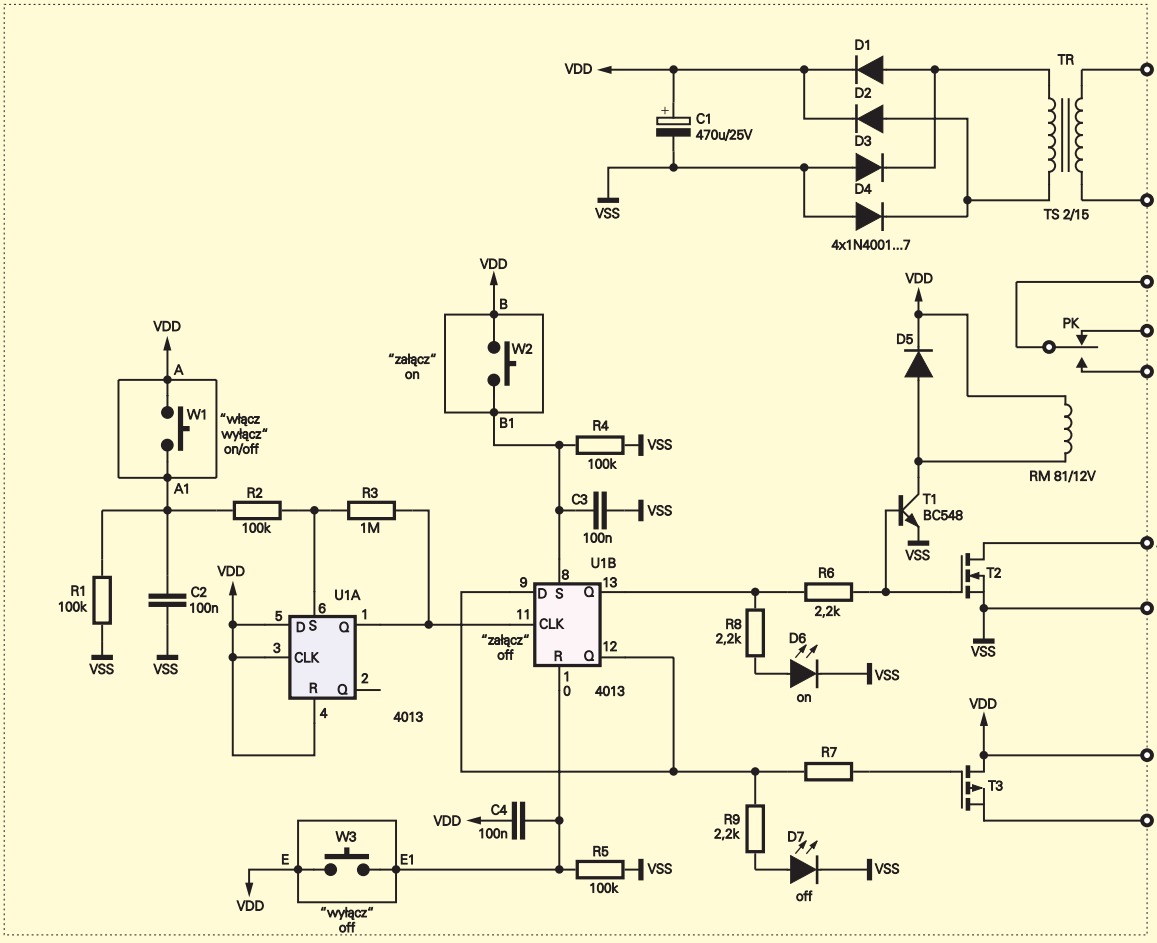
W wersji podstawowej elementem wykonawczym jest przekaźnik PK. Przekaźnik RM81 o obciążalności styków równej 16A umożliwia sterowanie urządzeniami zasilanymi z sieci o mocy do 3,5kW.

Do takiej wersji przewidziano zasilanie sieciowe przez mały transformatorek TS2/15 i diody D1 – D4.

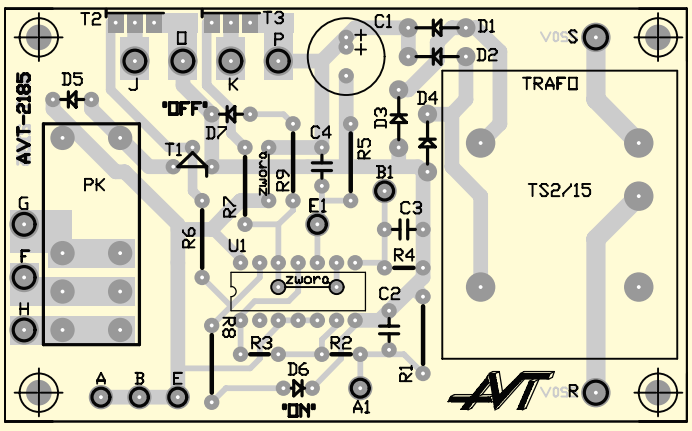
Gdyby przełącznik miał być zasilany napięciem około 12V (6...18V), nie trzeba stosować transformatora i przekaźnika wykonawczego. Elementem wykonawczym może być jeden z tranzystorów T2, T3.

Tranzystor T2 będzie zastosowany tam, gdzie urządzenie (odbiornik) sterowane jest przez dołączenie do minusa zasilania (masy). Gdy urządzenie (odbiornik) wymaga podania napięcia dodatniego, należy zastosować tranzystor T3. W takim wypadku napięcie zasilające opisywany układ musi być równe napięciu pracy odbiornika. Inaczej mówiąc, układ sterujący i odbiornik muszą być zasilane tym samym napięciem – w przeciwnym wypadku tranzystor T3 może nie otwierać się w pełni.

W przypadku zasilania układu napięciem 6...18V (bez transformatora TR), napięcie zasilające należy dołączyć do punktów oznaczonych P, O.



Rys. 1. Schemat ideowy



Rys. 2. Schemat montażowy

W roli tranzystora T2 i T3 można zastosować tranzystor mocy Darlingtona. W takim wypadku trzeba będzie wlutować jeden z rezystorów R6, R7 o wartości zależnej od wzmocnienia tranzystora i prądu pracy.

Lepszym rozwiązaniem jest użycie tranzystora MOSFET, tak jak pokazano na schemacie. W takim przypadku rezystora R6 ani R7 stosować nie trzeba – należy go zastąpić zworą.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce drukowanej, pokazanej na **rysunku 2**. Montaż układu nikomu nie powinien sprawić trudności. W pierwszej kolejności należy wlutować dwie zwory, potem elementy mniejsze: rezystory i kondensatory, następnie pozostałe elemety. Po zmontowaniu podzespołów na płytce należy dołączyć przyciski. W większości przypadków stosowane będą albo dwa przyciski W2 i W3, albo tylko W1, rzadko wszystkie trzy.

Uwaga!
W urządzeniu występują napięcia mogące stanowić śmiertelne zagrożenie dla życia! Osoby niepełnoletnie mogą wykonać i uruchomić opisany układ tylko pod opieką wykwalifikowanych osób dorosłych.

Do sprawdzenia układu należy dołączyć jakiekolwiek przyciski, choćby typu microswitch.

W zestawie dostarczone są przyciski typu microswitch. W praktycznych zastosowaniach należałoby zastosować duże, fabryczne przyciski, dostępne w sklepach z artykułami elektrotechnicznymi.

Układ scalony włożyć w podstawkę po zmontowaniu całości

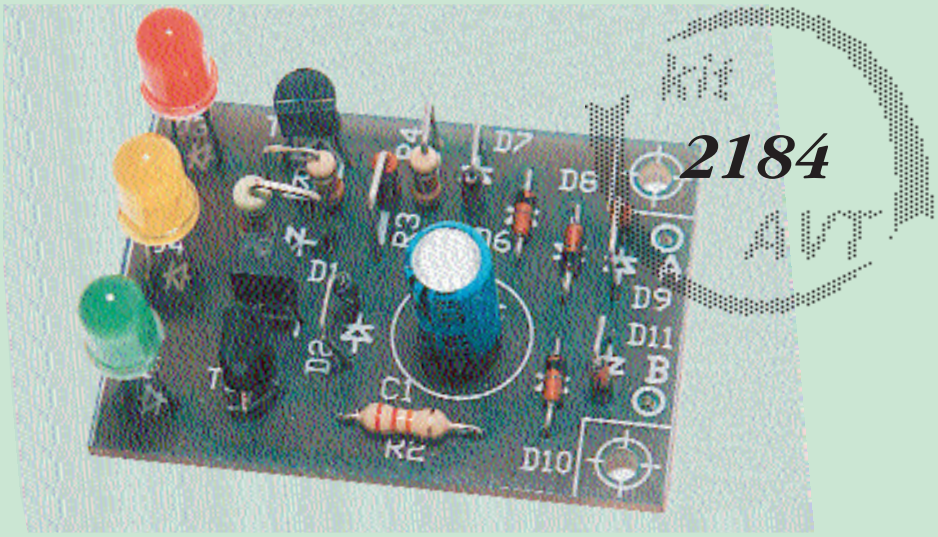
Układ zmontowany ze sprawnych elementów od razu działa poprawnie, nie wymaga regulacji ani uruchomiania.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny" AVT-2185.

Wskaźnik wysterowania do kolumn

Układ dla wszystkich początkujących i młodych elektroników!
* ciekawy iluminofoniczny efekt dzięki zastosowaniu trzech różnokolorowych diod
* prosta budowa
* niski koszt
* zasilanie z wyjścia wzmacniacza (nie wymaga oddzielnego zasilacza)



Do czego to służy?

Młodzi Czytelnicy EdW od dłuższego czasu upominają się o układ prostego wskaźnika wysterowania, który byłby przyłączany do wyjścia wzmacniacza, czyli równolegle do kolumn (głośników)

Opisany układ nie wymaga oddzielnego zasilacza – źródłem zasilania jest sygnał wyjściowy wzmacniacza.

Maksymalny pobór prądu przez układ wskaźnika wynosi około 15mA, co w porównaniu z prądem płynącym przez głośnik przy mocach powyżej 0,5W jest wartością niewielką, wręcz pomijalną.

Innymi słowy, układ wskaźnika nie stanowi dla wzmacniacza znaczącego obciążenia i nie trzeba się obawiać przeciążenia wzmacniacza.

Jak to działa?

Schemat ideowy układu wysterowania pokazano na **rysunku 1**.

Układ nie wymaga zasilacza ani baterii, bo jest zasilany z wyjścia wzmacniacza. Po prostu część mocy wzmacniacza zamiast do głośnika, jest dostarczana do opisywanego układu.

Przebieg zasilający głośnik jest dołączony do punktów A i B układu. Napięcie jest prostowane, a energia gromadzi się w kondensatorze C1. Układ będzie działał także bez kondensatora C1.

Rolę wskaźnika wysterowania pełnią trzy diody LED D1, D2 i D3.

Aby zminimalizować pobór prądu, diody te połączono w szereg. Prąd przewodzenia tych diod dostarczany jest przez źródło prądowe z tranzystorem T3. Diody D4, D5 ustalają napięcie odniesienia dla tranzystora T3. Jak łatwo zauważyć, w stanie normalnej pracy, na rezystorze R3 występuje napięcie równe mniej więcej napięciu przewodzenia jednej diody krzemowej (około 0,6V). Zmieniając wartość R3 można więc ustalić maksymalną wartość prądu pobieranego przez układ I 0,6V / R3).

W zależności od poziomu napięcia w punktach A i B, zaświecona jest jedna, dwie, lub trzy diody LED.

1. Gdy napięcie zasilające na kondensatorze C1 jest mniejsze niż 2V, nie świeci żadna z diod, choć tranzystor T3 jest otwarty.

2. Zielona dioda D3 zaświeca się, gdy tylko napięcie zasilające (na kondensatorze C1) jest choć trochę większe od jej napięcia przewodzenia, wynoszącego około 2V. Tranzystor T3 jest otwarty, bo jest polaryzowany przez rezystor R4. Otwarte są także tranzystory T1 i T2. W takiej sytuacji otwarte tranzystory można potraktować jako zwarcie, pominąć i uznać, że prąd diody D3 wyznaczony jest jedynie wartością rezystora R3 (oraz oczywiście napięciem zasilania i napięciem przewodzenia diody).

Taka sytuacja ma miejsce gdy prąd płynący przez rezystor R3 ma wartość od zera do około 15mA. Prąd ten nie może być większy, bo jak wspomniano wcześniej, spadek napięcia na rezystorze R3 jest ograniczony do około 0,6V przez obecność diod D4 i D5.

Gdy napięcie zasilające jest większe niż 2,8V, prąd kolektora tranzystora T3 (czyli prąd źródła prądowego) nie wzrasta – utrzymuje wartość ustaloną rezystorem R3, czyli około 15mA. Na zielonej diodzie D3 występuje spadek napięcia około 2,2V. Ponieważ tranzystory T1 i T2 są otwarte, na kolektorze tranzystora T3 napięcie też wynosi około 2,2V.

3. Gdy napięcie na kondensatorze C1 rośnie, wzrasta też napięcie na bazach tranzystorów T1 i T2. Wartości rezystorów dzielników R1, R5 i R2, R6 są tak dobrane, by przy wzroście napięcia zasilającego najpierw został zatkany tranzystor T1. Gdy tranzystor T1 nie przewodzi, prąd źródła prądowego płynie przez tranzystor T2 i dwie diody LED: D2 i D3.

Należy zauważyć, że w zakresie napięć na kondensatorze C1 wynoszącym 2,2...4V nie mogą się zaświecić dwie połączone szeregowo diody D3 i D2. Przyczyna jest prosta: suma napięć przewodzenia zielonej i żółtej diody LED jest większa od 4V. Mając to na uwadze, zaleca się takie dobranie wartości elementów dzielnika R1, R5, by tranzystor T1 był zatykany przy napięciu zasilającym większym niż 4V.

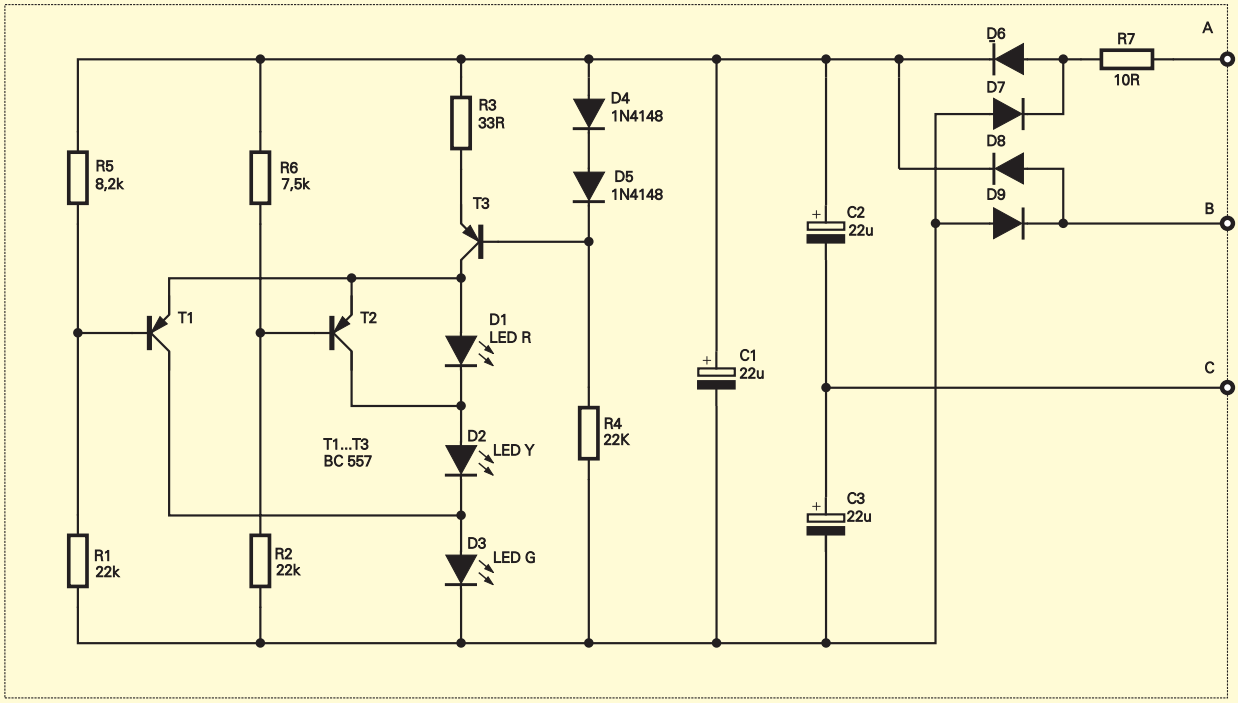
4. Przy dalszym wzroście napięcia zasilającego, zostanie zatkany także tranzystor T2. Gdy tranzystory T1, T2 są zatkane, prąd źródła prądowego płynie przez wszystkie trzy szeregowo połączone diody D1, D2 i D3.

Taki sposób sterowania diod umożliwia zmniejszenie mocy potrzebnej do zasilania układu wskaźnika, mocy która jest dostarczana przez wzmacniacz.

Podane wartości rezystorów R5 i R6 dobrano drogą eksperymentu, dołączając układ do 8-omowej kolumny współpracującej ze wzmacniaczem o mocy 2 x 15W z kilkunastoletniego zestawu produkcji UNITRA-DIORA. Uzyskany efekt wizualny był lepszy, niż można było się spodziewać po tak prostym układziku.

Młodzi Czytelnicy EdW zapewne zechcą dołączyć zaprezentowany układ do wyjścia wzmacniaczy o znacznie mniejszej mocy, na przykład do różnego rodzaju systemów grających typu „jamnik". Przy mniejszej mocy, napięcia na głośniku mogą okazać się zbyt małe dla prawidłowej pracy układu. Aby zapewnić właściwą pracę także w takich warunkach, dodano do układu dwa kondensatory C2 i C3 pozwalające zrealizować układ podwajacza napięcia. Przy połączeniach obwodów zasilania jak na **rysunku 2**, uzyskuje się niemal dwukrotnie większe napięcie zasilające układ i tym samym możliwość współpracy ze wzmacniaczami o mniejszej mocy wyjściowej.

Przy współpracy ze wzmacniaczem o dużej mocy wyjściowej należy wziąć pod



Rys. 1. Schemat ideowy układu

uwagę dopuszczalne napięcia zasilania kondensatora C1 i tranzystora T3. Przykładowo wzmacniacz o mocy 100W (na 8Ω) może w szczytach wysterowania dostarczyć przebiegów o wartości napięcia międzyszczytowego rzędu 100V. Wtedy koniecznie trzeba stosować prostownik mostkowy z rysunku 1, a nie podwajacz z rysunku 2.

W zdecydowanej większości przypadków układ będzie współpracował ze wzmacniaczem o niewielkiej mocy, co najwyżej kilku watów, i wtedy koniecznie trzeba wykorzystać podwajacz napięcia z rysunku 2.

Warto wspomnieć, że dołączenie jakiegokolwiek dodatkowego (nieliniowego) obciążenia do wyjścia wzmacniacza spowoduje wzrost zniekształceń. W przypadku opisywanego układu, dzięki niewielkiemu poborowi prądu (do 15mA) oraz dzięki zastosowaniu rezystora R7 wprowadzane zniekształcenia są bardzo małe, wręcz niezauważalne.

Wykaz elementów

Rezystory
R1,R2,R4: 22kΩ
R3: 33...39Ω
R5: 8,2kΩ
R6: 7,5kΩ
R7: 10Ω

Kondensatory
C1-C3: 22...100µF/50V

Półprzewodniki
D1: LED 5mm czerw.
D2: LED 5mm żółta
D3: LED 5mm ziel.
D4-D9: 1N4148
T1,T2,T3: BC557B

Uwaga!
Elementy wchodzące w skład zestawu AVT-2184B pozwalają na zbudowanie obu wersji obwodów zasilania.

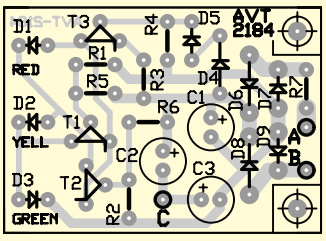
Montaż i uruchomienie

Opisany wskaźnik można zmontować na niewielkiej płytce drukowanej, pokazanej na rysunku 3.

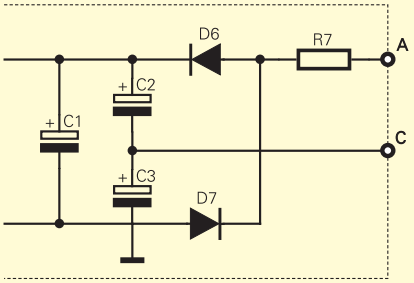
Montaż układu nikomu nie powinien sprawić trudności. Układ nie zawiera żadnych elementów szczególnie podatnych na uszkodzenie. Montaż elementów na płytce można przeprowadzić w dowolnej kolejności.

Do wzmacniaczy o mocy do 10W zaleca się zmontowanie wersji podwajaczem napięcia (wg rysunku 2) – wtedy wejściem będą punkty A i C. Do współpracy ze wzmacniaczem o większej mocy należy zmontować wersję z prostownikiem mostkowym wg rysunku 1, przy czym wejściem będą punkty A i B.

W wersji z podwajaczem nie należy montować diod D8 i D9, nie jest też konieczny kondensator C1, jedynie C2 i C3. W wersji z prostownikiem mostkowym nie trzeba montować kondensatorów C2 i C3.



Rys. 3. Schemat montażowy



Rys. 2. Podwajacz napięcia

W zestawie AVT-2184 przewidziano elementy dla obu wersji.

Możliwości zmian

Kto chciałby zastosować wskaźnik do współpracy ze wzmacniaczem o mocy kilkudziesięciu watów, pracującym ze znaczną mocą, może i powinien zmienić (zwiększyć) wartości rezystorów R5 i R6. Najlepiej to zrobić doświadczalnie, dołączając układ do wyjścia wzmacniacza i montując wstępnie zamiast wspomnianych rezystorów potencjometry (47...100kΩ). Po wyregulowaniu potencjometrów według upodobania, można je zastąpić rezystorami stałymi.

Można wtedy uzyskać pożądany efekt, by na przykład czerwona dioda D1 zapalała się tylko w najgłośniejszych partiach utworu.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

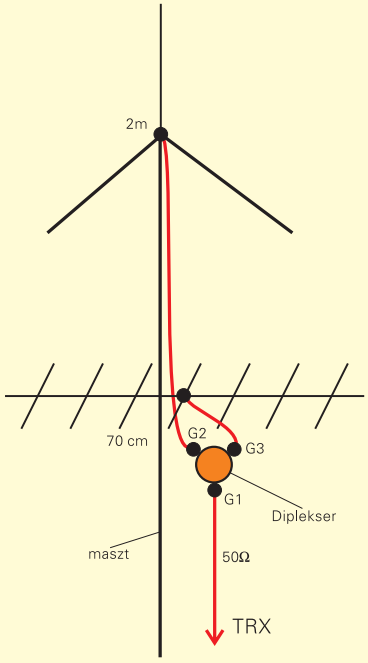
Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny" AVT-2184.

Prosty diplekser 2m/70cm

Do czego to służy?

Użytkownicy pasm 2m i 70cm wykorzystujący oddzielne anteny na każde pasmo, w celu uniknięcia prowadzenia dwóch kabli koncentrycznych coraz częściej stosują elektroniczne układy przełączające. W zasadzie można byłoby użyć małego przekaźnika sterowanego poprzez kabel, ale najodpowiedniejszym do tego urządzeniem jest specjalny układ zwany diplekserem. Jak sama nazwa mówi, służy on do zasilania dwóch anten za pośrednictwem jednego kabla koncentrycznego (**rysunek 1**), a więc z jego stosowania są korzyści ekonomiczne, ale nie tylko. Dodatkową korzyścią jest uzyskanie lepszej pracy urządzeń szerokopasmowych, ponieważ na ich we/wy są włączone dodatkowe obwody rezonansowe, dodatkowo filtrujące sygnał. Ponadto przy stosowaniu dipleksera nie musimy się martwić, czy aby w danym momencie mamy podłączoną właściwą antenę.

W wielu ofertach sprzętu radiokomunikacyjnego występuje taki układ i można go kupić. Opisany poniżej diplekser jest na tyle prosty, że może być bez problemów wykonany własnoręcznie.



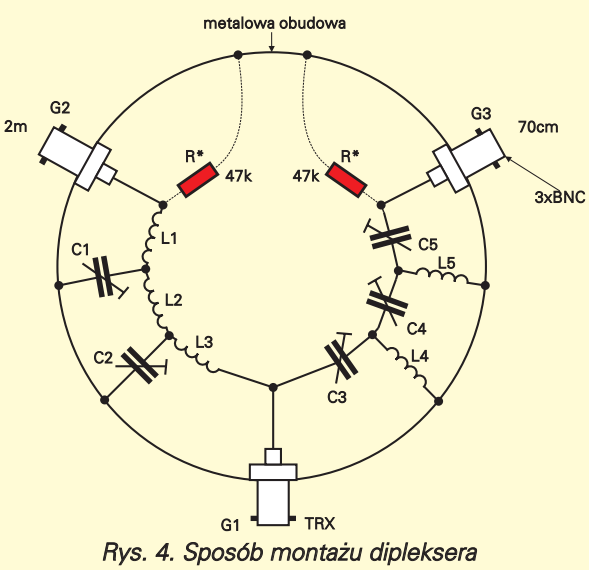
Rys. 1. Sposób podłączenia dipleksera

Jak to działa?

Przedstawiony na **rysunku 2** układ dipleksera 2m/70cm składa się z dwóch filtrów: dolnoprzepustowego (L1, L2, L3, C1, C2) dla pasma 2m i górnoprzepustowego (C3, L4, C4, L5, C5) dla pasma 70cm. Filtr dolnoprzepustowy jest zestrojony na częstotliwość około 240MHz, zaś górnoprzepustowy na około 350MHz (**rysunek 3**). Do gniazd G2 i G3 są dołączone anteny, odpowiednio na 2m i 70cm, zaś do gniazda G1 urządzenie nadawczo-odbiorcze, np. radiotelefon dwupasmowy FM – VHF/UHF (układ pracuje zarówno podczas odbioru, jak i nadawania).

W praktyce, przy zastosowaniu modelowego egzemplarza opisywanego urządzenia, tłumienie pomiędzy pasmami było nie gorsze jak 40dB (100 razy), zaś straty przenoszonego sygnału wyniosły poniżej 0,5dB (praktycznie niezauważalne).

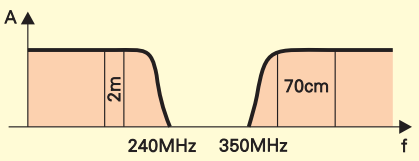
W celu ewentualnego rozładowywania napięć elektrostatycznych pochodzących z anten, do gniazd G2 i G3 można dołączyć (pomiędzy środkowy bolec a masę) rezystory o wartościach po ok. 47kΩ/0,5W). Duża wartość rezystancji nie ma praktycznie wpływu na tłumienie filtrów.



Rys. 4. Sposób montażu dipleksera

Montaż i uruchomienie

Układ modelowy został zmontowany w okrągłej metalowej puszce po konserwie, ale można do tego celu użyć pudełka zlutowanego np. z kawałków folii miedzianej. Jako gniazda G1...G3 użyto BNC/50.

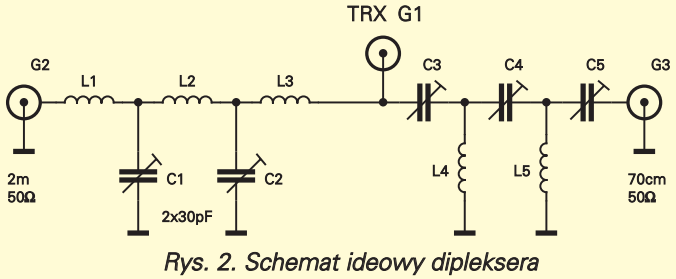


Rys. 3. Uproszczona charakterystyka dipleksera

Cewki zostały wykonane z drutu srebrzonego o średnicy 1mm nawiniętego na pręcie. Sposób wykonania uzwojeń jest podany w wykazie elementów. Poszczególne elementy przylutowano między sobą i masą (obudową), stosując jak najkrótsze połączenia oraz ustawienia osi symetrii cewek pod kątem prostym (minimalne sprzężenia).

Przykładowy sposób montażu pokazano na **rysunku 4**. Zestrojenie dipleksera jest proste, ale jest potrzebny miernik WFS (jeszcze lepiej – dwa), dwa sztuczne...

c.d. na str. 64



Rys. 2. Schemat ideowy dipleksera

Tester aparatów telefonicznych

Do czego to służy?

Zgodnie ze swą nazwą opisane urządzenie służy do sprawdzania aparatów telefonicznych.

Pomimo swej wyjątkowej prostoty, umożliwia sprawdzenie wszystkich funkcji aparatów telefonicznych, zarówno tych z wybieraniem impulsowym, jak i tonowym.

Gdy słuchawka jest położona na widełkach aparatu, przyrząd umożliwia sprawdzenie

– obwodu dzwonka aparatu
– obwodu przełącznika aparatu

Po podniesieniu słuchawki można sprawdzić:

– wybieranie w trybie impulsowym
– wybieranie w trybie tonowym (DTMF)
– obwody rozmówne aparatu w obu kierunkach.

Dla aparatów telefonicznych dopuszczonych do użytku w publicznej sieci telekomunikacyjnej wyznaczono międzynarodowe normy, które określają między innymi dopuszczalne napięcia, prądy i poziomy sygnałów, jakie mogą i powinny występować w użytkowanych aparatach.

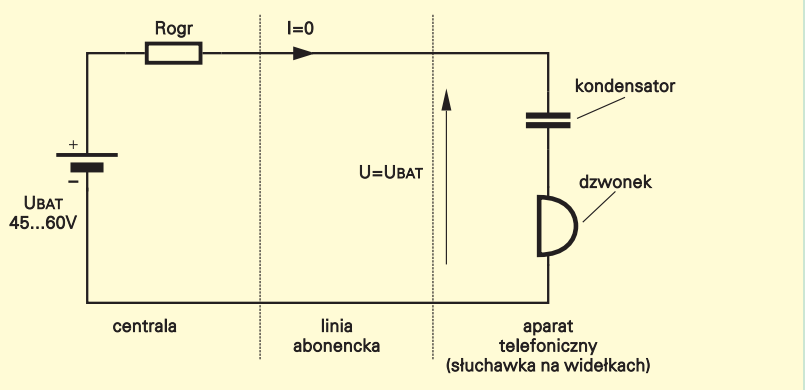
Opisany przyrząd nie pozwala wprawdzie zmierzyć dokładnie parametrów określonych w tych normach, ale w praktyce wcale nie jest to konieczne. Tester zapewnia warunki pracy aparatu mieszczące się w granicach tych norm, a tym samym pozwala sprawdzić wszystkie podstawowe funkcje aparatu w warunkach praktycznie takich samych, jak przy podłączeniu do centrali.

Jak to działa?

Początkującym adeptom elektroniki należy przypomnieć, że w stanie spoczynku aparatu (gdy słuchawka położona jest na widełkach) przez aparat nie może płynąć prąd stały. Do linii dołączony jest tylko obwód dzwonka, zawierający szeregowy kondensator, uniemożliwiający przepływ prądu stałego. Uproszczony układ połączeń w stanie spoczynku pokazany jest na rysunku 1. W zasadzie w stanie spoczynku sprawny aparat nie powinien pobierać prądu stałego. Współczesne aparaty elektroniczne mogą pobierać z linii pewien niewielki prąd stały, choćby w celu podtrzymania zawartości wbudowanej pamięci. Wspomniane normy określają, że pobór prądu przez aparat w stanie spoczynku nie powinien być większy niż 0,4mA (wcześniej dopuszczano pobór prądu do 1mA).

Jak widać na rysunku 1, linia abonencka cały czas jest zasilana napięciem stałym o wartości 40...60V. W stanie spoczynku całe to napięcie stałe występuje na zaciskach aparatu.

W publicznych centralach sygnał dzwonienia jest przebiegiem sinusoidalnym o częstotliwości 25Hz i amplitudzie rzędu 70...90V. Ten zmienny sygnał jest nałożony na wspomniane napięcie stałe.



Rys. 1. Schemat zastępczy systemu w stanie spoczynku

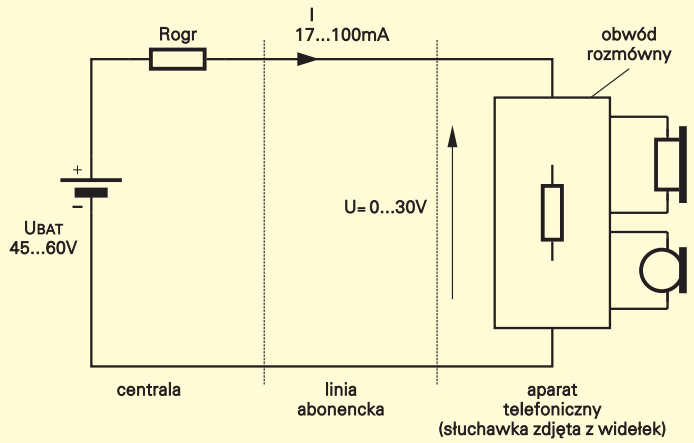
Choć aparaty pracują zwykle z sygnałem dzwonka o częstotliwości 25Hz, normy wymagają, by obwód dzwonka pracował poprawnie również przy sygnale o częstotliwości 50Hz. W układzie prostego testera nie ma więc jakiejkolwiek potrzeby budowania specjalnego obwodu generatora sygnału dzwonienia, pracującego z częstotliwością 25Hz – wystarczy wykorzystać częstotliwość sieci energetycznej, stosując jakikolwiek transformator o odpowiednim napięciu wtórnym.

Przy współpracy aparatu z centralą, jeśli podczas dzwonienia (wywołania) zostanie podniesiona słuchawka, centrala przestaje wysyłać sygnał dzwonienia. W prostym testerze nie przewidziano takiego wyłączania (choć można to zrobić za pomocą jednego przekaźnika) – po prostu podczas testowania obwodu dzwonka nie należy podnosić słuchawki.

Po podniesieniu słuchawki aparatu, do linii dołączony jest obwód rozmówny. Przez obwód ten płynie prąd stały. Sytuacja przedstawiona jest na rysunku 2.

Podczas wybierania impulsowego obwód wybierczy (tarcza telefoniczna lub klawiatura) przerywają obwód prądu stałego z częstotliwością 10Hz (okres 100ms). Liczba przerw odpowiada wybieranemu numerowi (ale wybranie cyfry „0" daje nie zero, tylko 10 impulsów). Ze 100ms, jakie przypadają na każdy impuls, 66,6% przypada na przerwę, a 33,3% na zwarcie. Centrala niejako liczy te przerwy – ich ilość odpowiada wybranej cyfrze.

Przy wybieraniu tonowym (za pomocą kodu DTMF) linia nie jest przerywana, a jedynie aparat wysyła w stronę centrali



Rys. 2. Schemat zastępczy systemu podczas rozmowy

specjalne sygnały dźwiękowe, które centrala interpretuje jako cyfry.

O ile stosując wybieranie impulsowe, można przekazywać jedynie dziesięć znaków (cyfry 1...0), o tyle z pomocą kodu DTMF każdy aparat z klawiaturą może przekazywać 12 znaków (cyfry i dodatkowo znaki # i *).

W prostym układzie testera nie przewidziano obwodów do precyzyjnych pomiarów i analizy sygnałów wybierania. Całkowicie wystarczające jest sprawdzenie metodą na słuch i przez obserwację świecenia diody LED.

Normy nie określają ściśle, jaka powinna być rezystancja aparatu telefonicznego dla prądu stałego (wymagają tylko, by nie była większa niż 600Ω). W starych aparatach, o wypadkowej rezystancji decydowała głównie rezystancja mikrofonu węglowego. W nowszych nie ma takiego mikrofonu i wypadkowa rezystancja zależy od obwodu elektronicznego.

Normy wymagają, by rezystancja aparatu nie była zbyt wysoka i by prąd płynący przez linię w stanie rozmowy nie był mniejszy niż 17mA. Teoretycznie wypadkowa rezystancja aparatu mogłaby być równa zeru, czyli na aparacie nie występowałby żaden spadek napięcia – wtedy prąd w linii (płynący przez taki aparat) może sięgnąć wartości 100mA. Taka sytuacja występuje na przykład w czasie wybierania impulsowego, gdy w chwilach zwarcia spadek napięcia na aparacie rzeczywiście jest bliski lub równy zeru.

Wszystko to oznacza, że w stanie rozmowy prąd płynący przez aparat powinien być większy niż 17mA, a prąd rzędu 100mA w żaden sposób nie może uszkodzić aparatu.

Podczas rozmowy, na linii występują przebiegi o częstotliwościach akustycznych. W układzie testera można sprawdzić działanie aparatu w obu kierunkach (nadawanie i odbiór) za pomocą dodatkowej słuchawki i mikrofonu.

Schemat ideowy testera pokazano na rysunku 3. Głównym podzespołem jest transformator sieciowy TS 8/31. Dostarcza on zarówno napięcia zmiennego do sprawdzania obwodu dzwonka, jak i napięcia stałego potrzebnego do normalnej pracy badanego aparatu w stanie rozmowy. Transformator ten wybrano przede wszystkim dlatego, że akurat był pod ręką. W układzie można zastosować również inne transformatory, które dostarczą odpowiednich napięć dzwonienia i zasilania.

W stanie jałowym transformatora dwa uzwojenia dostarczają napięć zmiennych 48V i 17,7V (przy pełnym obciążeniu 41V i 13,5V). W testerze transformator nigdy nie będzie obciążany pełną mocą, dlatego występować będą napięcia praktycznie takie jak w stanie jałowym.

Napięcie zmienne 48V 50Hz wykorzystano do testowania obwodu dzwonka, natomiast napięcie zmienne 17,7V po wyprostowaniu w podwajaczu napięcia z diodami D1 i D2 i dobrym filtrowaniu w obwodzie R1, C1, C2, C3 służy do zasilania aparatu prądem stałym.

Badany aparat telefoniczny włączony jest szeregowo z obciążeniem. Obciążeniem jest głównie rezystor R2.

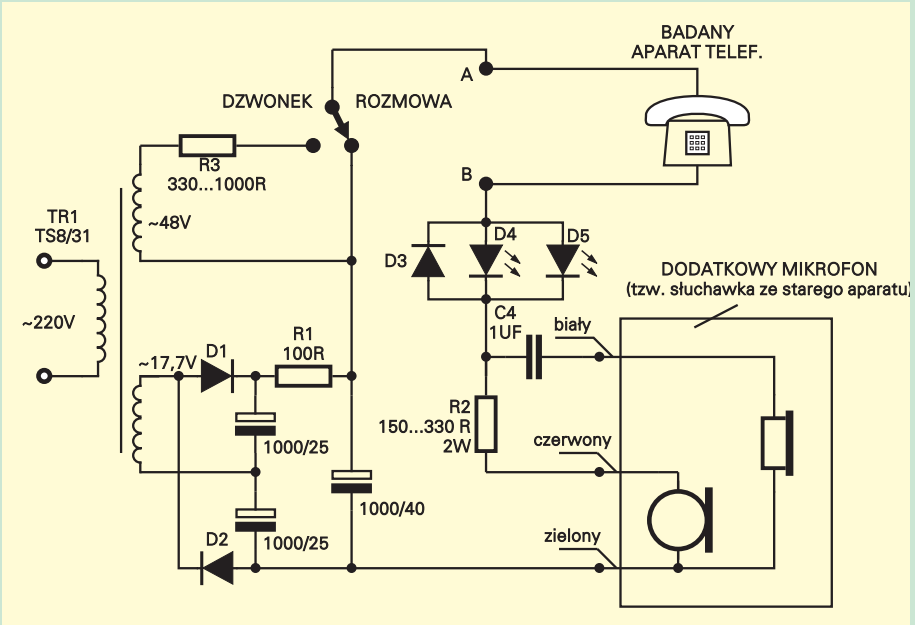
Dodatkowo wprowadzono diody LED D4 i D5, wizualnie pokazujące wartość prądu płynącego przez aparat.

Dwie jednakowe diody są tu konieczne, ponieważ prąd w obwodzie może sięgać 100mA, czyli więcej, niż maksymalny prąd jednej diody LED. Dioda krzemowa D3 jest potrzebna w czasie dzwonienia.

Diody LED pozwalają sprawdzić:
– czy w stanie spoczynku przez aparat nie płynie zbyt duży prąd stały
– jaki jest pobór prądu (zmiennego) podczas dzwonienia
– jaki prąd płynie po podniesieniu słuchawki.

Aby umożliwić sprawdzenie sygnałów wybierania tonowego oraz obwodu rozmównego (w obu kierunkach), wprowadzono mikrofon i słuchawkę. Musi to być mikrotelefon od starego aparatu (np. Aster, Tulipan, Bratek), koniecznie z wkładką węglową. Nominalna rezystancja wkładki węglowej wynosi 130Ω, co wraz z rezystancją R2 daje rezystancję około 300...400Ω.

Przez wkładkę węglową może płynąć cały prąd linii – tak przecież jest w starych aparatach i tylko w takich warunkach może pracować mikrofon węglowy. Prądu linii (którego wartość wynosi kilkadziesiąt miliamperów) w żadnym wypadku nie można przepuścić wprost przez wkładkę słuchawkową o oporności 300Ω. Co prawda wkładka raczej nie uległaby wtedy uszkodzeniu, ale dźwięk mógłby być silnie zniekształcony. Między innymi dla-



Rys. 3. Schemat ideowy testera

Wykaz elementów

Rezystory
R1: 100Ω
R2: 150...330Ω 2W
R3: 330Ω...1kΩ

Kondensatory
C1,C2: 1000µF/25V
C3: 1000µF/40V
C4: 1µF stały

Półprzewodniki
D1–D3: np. 1N4001...7
D4,D5: LED 5mm ziel.
TR1: TS8/31 lub podobny

Pozostałe
S1: przełącznik lub lepiej przycisk mikrotelefon od starego aparatu (koniecznie z mikrofonem węglowym)

tego wkładka słuchawkowa dołączona jest przez kondensator C4, odcinający prąd stały.

Zastosowano tu najprostszy sposób włączenia słuchawki i mikrofonu, bez obwodu antylokalnego, zmniejszajacego przenikanie dźwięku z mikrofonu do własnej słuchawki. Choć we wszystkich aparatach taki obwód jest potrzebny, tu w prostym układzie testera wcale nie jest konieczny.

Na schemacie pokazano także rezystor R3. Nie jest on konieczny, o ile podczas testowania obwodu dzwonka, słuchawka aparatu nie będzie podnoszona. Jeśli słuchawka zostanie podniesiona w czasie gdy przełącznik S1 jest w pozycji DZWONEK, przez aparat może popłynąć znaczny prąd. Rezystor R3 ogranicza ten prąd do bezpiecznej wartości 100mA.

Montaż i uruchomienie

Prosty układ testera można z powodzeniem zmontować bez płytki drukowanej, metodą tak zwanego pająka.

Montaż nie sprawi kłopotów. Jedynym problemem będzie zapewnienie absolutnego bezpieczeństwa przez staranne odizolowanie i zabezpieczenie obwodu uzwojenia pierwotnego transformatora, znajdującego się pod napięciem sieci 220V.

Uwaga!
W opisanym układzie wykorzystuje się transformator zasilany napięciem sieci energetycznej. Osoby niepełnoletnie mogą wykonać i uruchomić opisany układ tylko pod opieką wykwalifikowanych osób dorosłych.

Użytkowanie

Przełacznik S1 ustawić w pozycji ROZMOWA.

Badany aparat telefoniczny należy dołączyć do punktów A i B (biegunowość dowolna). Słuchawka na widełkach aparatu. Diody D4 i D5 nie powinny świecić, lub świecić bardzo słabo (prąd poniżej 0,4mA).

Przełączyć S1 w pozycję DZWONEK – aparat powinien głośno dzwonić. Nie podnosić słuchawki. Wyłączyć S1 w pozycję ROZMOWA.

Podnieść słuchawkę aparatu. Powinny zaświecić się jasnym światłem diody LED.

W trybie wybierania impulsowego, po naciśnięciu klawisza (lub wykręceniu numeru tarczą) diody LED powinny pulsować – liczba zgaśnięć odpowiada wybranej cyfrze.

W trybie wybierania tonowego po naciśnięciu klawisza, w dodatkowej słuchawce (nie w słuchawce aparatu) powinny być wyraźnie słyszalne charakterystyczne sygnały wybiercze.

Sprawność obwodów rozmównych sprawdzić z pomocą drugiej osoby – przeprowadzić rozmowę wykorzystując aparat telefoniczny i dodatkowy mikrotelefon testera.

Wcześniejsze przetestowanie w ten sposób kilku sprawnych aparatów całkowicie wystarczy do zorientowania się, jak reaguje sprawny aparat. Tak nabyte doświadczenie pozwoli potem błyskawicznie określić przyczynę niesprawności uszkodzonego aparatu.

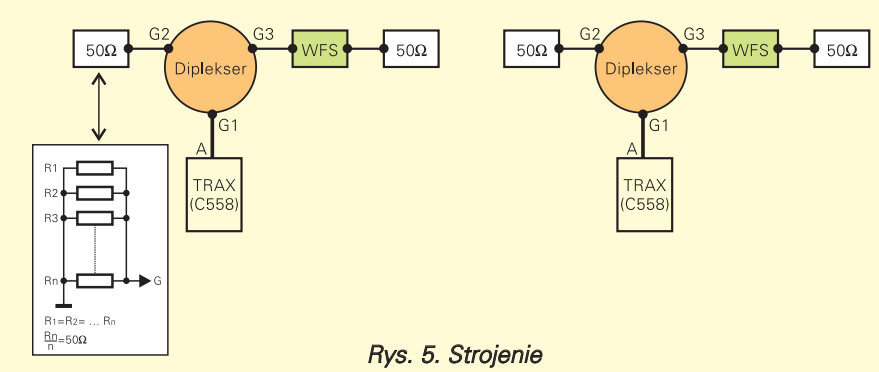
Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Prosty diplekser 2m/70cm

c.d. ze str. 61

...obciążenia – rezystory 50Ω (o mocy nie mniejszej od mocy wyjściowej nadajnika) oraz źródło sygnału o mocy co najmniej 1W. Do pokręcania trymerami należy użyć wkrętaka z materiału izolacyjnego, który można wykonać np. z wąskiego paska laminatu szklanoepoksydowego po odpowiednim zeszlifowaniu.

Do gniazda G1 podłączamy radiotelefon 2m/70cm, zaś do gniazd G2 i G3 rezystory 50Ω poprzez SWR-metr (podłączany w zależności od strojonego pasma). Przy podaniu sygnału z nadajnika o częstotliwości 145MHz zestrajamy filtr dolnoprzepustowy na maksimum wskazań miernika dołączonego do gniazda G2. Następnie przełączamy miernik do gniazda G3 i zestrajamy obwód górnoprzepustowy na minimum wskazań miernika. Po przełączeniu nadajnika na pasmo 435MHz korygujemy zestrojenie filtrów, z tym że w tym przypadku na gnieździe G3 będzie występował maksymalny sygnał, a na G2 – minimalny. Po zestrojeniu obudowa dipleksera powinna byc zalutowana. Autor wypróbował diplekser z radiotelefonem dwupasmowym firmy STANDARD typu C558.



Rys. 5. Strojenie

Wykaz elementów

Rezystory
R: 2x47kΩ/0,5W

Kondensatory
C1, C2: 5/30pF (trymer)
C3, C4, C5: 2/10pF (trymer)

Półprzewodniki
G1, G2, G3: BNC/50
L1, L2, L3: 4,5 zwoja na średnicy 6,5mm drutu CuAg 1mm
L4, L5: 1,5 zwoja na średnicy 4mm drutu CuAg 1mm

Opisany układ, po wymianie obwodów rezonansowych, można zestroić na inne zakresy częstotliwości, np. 6m/2m czy UKF/CB. W każdym razie częstotliwość odcięcia filtru dolnoprzepustowego powinna wynosić 1,6 maksymalnej częstotliwości pracy, zaś częstotliwość odcięcia filtru górnoprzepustowego około 0,8 najniższej częstotliwości pracy. Przy używaniu dipleksera do mocy powyżej 10W trymery powinny być najlepiej powietrzne.

Andrzej Janeczek

MEU

MAGAZYN ELEKTRONIKI UŻYTKOWEJ

- **IFA, czyli panorama najnowszych osiągnięć elektroniki użytkowej. Część 5 . . . . . .67**
- **Audio. Subwoofer 71**
- **ISDN. Elektronika łatwa i przyjemna. Część 2 . . . . . .76**

IFA

część 5

czyli panorama najnowszych osiągnięć elektroniki użytkowej

Podsumowanie

Jak już na pewno zdążyłeś zauważyć w poprzednich odcinkach, oddzielne dotychczas dziedziny elektroniki zaczynają się wzajemnie przenikać. Telewizor z przystawką internetową, elektroniczne aparaty fotograficzne, kino domowe, faks wykorzystujący sieć GSM, planowane zastosowania dysku DVD, różnorodne usługi sieciowe dostępne przez telefon, to niektóre przykłady takiego wzajemnego przenikania odrębnych dotąd dziedzin.

Wszystko to jest możliwe dzięki powszechnej cyfryzacji. Jeszcze raz ci przypomnę, że jeśli mamy do dyspozycji kanał cyfrowy, którym można przesyłać dane, czyli ciągi zer i jedynek, to nie ma tu żadnego znaczenia, co te dane sobą reprezentują. Mogą one kodować głos, muzykę, obrazy, programy komputerowe, informacje o sytuacji na giełdzie, dane meteorologiczne, itd.

A takich ogólnodostępnych cyfrowych systemów przesyłowych mamy już kilka: cyfrowa telewizja DVB, cyfrowe radio DAB, cyfrowa telefonia ISDN, cyfrowe sieci komórkowe GSM, cyfrowe sieci telefonii satelitarnej. Coś, co jeszcze kilka lat temu można było uznać za fantazję, jest dziś możliwe do zrealizowania, a jutro będzie z tego korzystał przeciętny obywatel.

W tym miejscu chciałbym jeszcze wspomnieć ci o tym, czego na razie nie ma, i o czym się jeszcze głośno nie mówi.

Obecne trendy jednoznacznie pokazują, że w przyszłości potrzebne będą systemy transmisji danych jeszcze szybsze, jeszcze pojemniejsze i pozwalające docierać do indywidualnego odbiorcy. Tymczasem, jeśli mogę to uprościć – ilość miejsca w eterze jest ograniczona. Niewiele pomoże tu zajmowanie coraz wyższych pasm częstotliwości. Przykładowo kiedyś częstotliwość nadawania „ukaefu" wynosząca około 100MHz była uważana za wysoką częstotliwość. Dziś każdy odbiornik telewizyjny może odbierać częstotliwości do około 1000MHz (1GHz). Typowe krótkofalówki CB od lat pracują na częstotliwości 27MHz. Tymczasem współczesne telefony GSM pracują na częstotliwościach około 900MHz i 1800MHz. Nadajniki telewizji satelitarnej nadają sygnały o częstotliwościach rzędu 12000MHz (12GHz). Nikogo specjalnie nie dziwi, że współczesne urządzenia, nawet te miniaturowe przenośne, pracują na częstotliwościach, które kiedyś wykorzystywane były jedynie w urządzeniach radarowych. Ale w tym

postępie widać niedaleki już koniec. Już teraz wykorzystujemy mikrofale, czyli częstotliwości rzędu gigaherców. Co dalej? Pamiętaj, że wyżej, niejako ponad mikrofalami mamy już promieniowanie podczerwone, a potem po prostu światło widzialne. Promieniowanie to ma już zupełnie inne właściwości i do celów transmisji danych przez nadajniki naziemne i satelitarne zupełnie się nie nadaje...

I tu właśnie widzisz ograniczenie pojemności „eteru". Czy jest jakieś wyjście?

Oczywiście! Sygnały wcale nie muszą być transmitowane radiowo, tylko mogą być rozprowadzone przewodowo.

Już masz przykład: telewizja kablowa. Na razie sygnały do indywidualnych odbiorców przesyła się kablem współosiowym, ale już teraz można do tego celu użyć światłowodu. Jak ci mówiłem, przy użyciu modemu możesz przesłać przez kabel, a konkretnie linię telefoniczną, sygnał cyfrowy z prędkością do kilkudziesięciu kilobitów na sekundę. W sieci ISDN przez ten sam kabelek można przesłać do 192kb/s. Prowadzone są próby wykorzystania zwykłych abonenckich linii telefonicznych do przesyłania informacji z prędkościami dochodzącymi do 10 megabitów na sekundę (wydaje się to niemożliwe, ale staje się możliwe w tak zwanej technologii ADSL). Zastosowanie kabla współosiowego (takiego jak w „kablówce" i instalacjach antenowych) pozwala uzyskać prędkości transmisji do gigabitów (1Gb = 1000000kb) na sekundę. Światłowód pozwoli uzyskać jeszcze większe prędkości.

I tu właśnie puścimy wodze fantazji: być może za jakiś czas do każdego mieszkania doprowadzony zastanie jeden światłowód, czyli szklany włosek o średnicy około 0,1mm. Za pośrednictwem tego szklanego włoska będziemy mieli do dyspozycji setki kanałów telewizyjnych i radiowych. Będziemy też mogli przez ten sam światłowód zamawiać dowolny film, czy audycję radiową, które w wyznaczonym przez nas czasie zostaną przesłane tylko do nas. Przez ten szklany włosek popłyną bity już nie tylko rozmowy telefonicznej, ale wideotelefonicznej. Oczywiście przez ten włosek nasz domowy superkomputer będzie kontaktował się z wszechświatową siecią informacyjną, z której uzyskamy wszelkie potrzebne informacje z dowolnej dziedziny.

Może tak i będzie, o ile nie wydarzy się coś zupełnie niespodziewanego.

Już teraz możliwości techniczne są ogromne, ale wszystkiego nie można zmienić ze jednym zamachem. Mamy lepiej czy gorzej funkcjonujące różne wcześniejsze systemy. Nie można ich tak po prostu wyrzucić na złom. Ludzkości nie stać na globalną unifikację.

Właśnie, nie tylko o bezpośrednie koszty tu chodzi. Sęk w tym, że trzeba przyjąć swego rodzaju standardy, które umożliwiłyby ujednolicenie zarówno usług, jak i stosowanego sprzętu. Żeby tak było, trzeba najpierw starannie zaplanować usługi, potem przyjąć sposób kodowania poszczególnych informacji, a wreszcie wyprodukować w dużych ilościach (tym samym niedrogi) sprzęt. Tylko taka kolejność daje szansę na szybkie rozpowszechnienie się i spadek cen nowoczesnych urządzeń cyfrowych.

Innymi słowami najpierw należałoby zebrać w jednym miejscu wszystkich ekspertów od sprzętu powszechnego użytku, i żywiąc ich chlebem i wodą, trzymać w zamknięciu dotąd, aż ustalą jednolity standard określający sposób wykorzystania możliwości wspomnianych cyfrowych systemów. Potem wszyscy producenci na świecie musieliby trzymać się tak przyjętych ustaleń.

Owszem, podejmowane są podobne, może nie tak drastyczne, próby (np. wcześniej wspomniana grupa MPEG), ale niestety jeśli chodzi o ujed-

System nawigacyjny Philipsa (na ekranie zaznaczony zalecany objazd korka na podstawie bieżących informacji ze służby ruchu)

Odbiornik radiowy zintegrowany z telefonem GSM (Blaupunkt)

Odbiornik radiowy firmy Blaupunkt z odtwarzaczem kasetowym i kartą kodową (zabezpieczenie przed kradzieżą)

Odbiornik firmy Pioneer

Telefon GSM firmy Alcatel

Wielofunkcyjny Communicator firmy Nokia (telefon GSM, fax, kalendarz, notatnik ze spisem adresów i telefonów, dostęp do Internetu)

nolicenie zasad wykorzystania wszystkich cyfrowych mediów, nie jest to takie proste do wykonania. Właśnie teraz jesteśmy na etapie wypracowania standardów. Powstają one (są wypracowywane) dosłownie na naszych oczach. Kierunek, w którym to wszystko zdąża, jest z grubsza określony. Ale ze względu na błyskawiczny rozwój techniki i technologii wciąż pojawiają się nowe możliwości i często przyjęte standardy w krótkim czasie stają się nieatrakcyjne. To też jest bardzo poważny problem.

„Komórki" firmy Ericsson

Aparaty StarTAC firmy Motorola

Drugim są sprzeczne interesy producentów. Poszczególne firmy i grupy firm starają się wejść na rynek z własnymi rozwiązaniami. Nie możemy zapomnieć, że telefonia ISDN, radio DAB, telefonia komórkowa i szykująca się do natarcia telefonia satelitarna, otwierają ogromne pole dla nowych usług, nowego sprzętu i nowych zysków.

Właśnie ze względu na szybki postęp techniczny i walkę o klienta, tak trudne jest przyjęcie ogólnoświatowych standardów. Między innymi dlatego także i ty masz wrażenie, że to wszystko jest takie powikłane, i że w sumie tam gdzieś u podstaw panuje wielki bałagan.

Nie mam w tym zakresie dla ciebie dobrych wiadomości. Pomimo podejmowanych prób, daleko jeszcze do stworzenia ogólnoświatowego jednolitego standardu, dotyczącego urządzeń cyfrowych. Powiem więcej: niewykluczone, że taki standard nie powstanie nigdy...

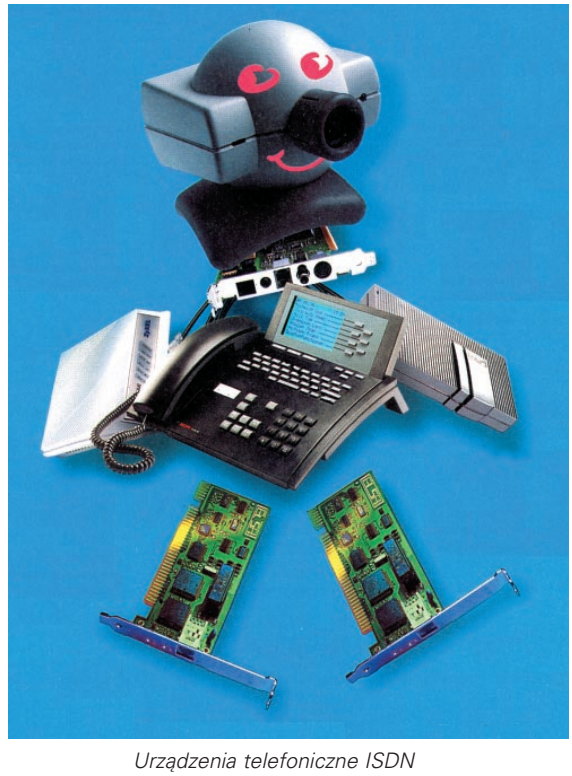
Tak to wygląda od kuchni. Niech więc nie zatyka ci tchu w piersiach widok najnowszych cyfrowych urządzeń o rewelacyjnych możliwościach, jakie możesz obejrzeć na wystawach oraz w relacjach prasowych i telewizyjnych. Nie daj sobie wmówić, że dana nowość na pewno trafi także do ciebie. Prototypy i egzemplarze z serii próbnych pokazywane na wystawach są niesamowicie drogie i absolutnie nie masz szans, by je kupić. Pamiętaj, że rynek nowości jest stale w fazie przejściowej i wcale nie wiadomo, które standardy i urządzenia pozostaną na nim na dłużej, a które szybko znikną.

Z drugiej strony, patrząc na urządzenia, które już zadomowiły się na rynku, i są dostępne dla przeciętnych śmiertelników, rzecz wygląda inaczej. Wprawdzie współczesna elektronika rozwija się tak szybko, że wielu przestaje za nią nadążać i rozumieć jak działają, a nawet do czego służą nowe urządzenia. Ale ty nie bój się tego szaleńczego rozwoju.

Pamiętaj, że motorem tego całego pędu jest chęć pozyskania klienta. A żeby to osiągnąć, nawet bardzo skomplikowane urządzenia muszą być bardzo łatwe w obsłudze. W przeciwnym wypadku nie kupi ich przeciętny klient, którym często okazuje się kobieta, nie mająca o technice nawet bladego pojęcia.

Telefon satelitarny dla systemu IRIDIUM

Ruchome biuro firmy Ericsson


Urządzenia telefoniczne ISDN

I właśnie dlatego ty, który masz już pewne rozeznanie w elektronice, naprawdę nie musisz mieć kompleksów. Nie jesteś mniej zdolny od przeciętnego Amerykanina, Brytyjczyka, czy Niemca. Jestem więcej niż pewny, że gdy weźmiesz do ręki któryś ze wspomnianych cudów techniki przełomu wieków, szybko opanujesz jego obsługę. Sprzęt jest dla ludzi, więc tym bardziej my, ludzie interesujący się elektroniką, naprawdę nie mamy się czego obawiać. I stale pamiętaj, że bezpowrotnie minęły już czasy, gdy każdy szanujący się elektronik dokładnie wiedział, jak działa jego (lampowy) radioodbiornik, czy czarno-biały (lampowy) telewizor i potrafił je sam naprawić w razie potrzeby. Dziś ani ty, ani ja, nie jesteśmy w stanie nadążyć za wszystkimi szczegółami nowych rozwiązań technicznych. W zupełności wystarczy, byśmy mieli ogólny obraz sytuacji. Ilość dostępnych nam informacji jest niewyobrażalnie wielka. Jest to już nie strumień, ale rwąca rzeka informacji. Naprawdę nie mamy szans choćby z grubsza zapoznać się ze wszystkim co nowe. Nasze starania trafnie przyrównano w jednym z popularnych dwutygodników do próby napełnienia naparstka za pomocą otwartego w pełni hydrantu. Właśnie tobie, drogi Czytelniku potrzebny jest ten naparstek informacji. Jestem przekonany, że na świecie nie ma ani jednego eksperta, który do końca znałby szczegóły techniczne wszystkich rozwiązań, stosowanych w sprzęcie powszechnego użytku. Superspecjalista od telekomunikacji, znający tajniki ISDN, z pewnością nie nadąża za tajnikami kodowania w standardzie MPEG. I na odwrót. Cóż, dziś konieczna jest coraz węższa i węższa specjalizacja. Nie bez powodu mówi się że ekspert, to osoba wiedząca wszystko o... niczym. Takie nadeszły czasy.... Musimy się do tego przyzwyczaić.

Mam nadzieję, że niniejszy pięcioodcinkowy przegląd rynku elektroniki użytkowej dostarczył ci garść nowych informacji. Na koniec mam do ciebie prośbę: napisz, o jakich zagadnieniach dotyczących szeroko pojętej elektroniki użytkowej chciałbyś przeczytać w następnych numerach EdW.

Piotr Górecki

Audio

Subwoofer

Dobre przetwarzanie najniższych częstotliwości – jest dla wielu użytkowników sprzętu Hi-Fi jednym z najważniejszych aspektów jakości odtwarzanego dźwięku. Pozbawienie muzyki odpowiedniej wagi niskich częstotliwości prowadzi do oczywistego zubożenia wrażeń odsłuchowych. Nie można w pełni, wiernie odtworzyć brzmienia instrumentów, które pracują w tym zakresie (bębny, kontrabas, gitara basowa, „stopa" perkusji, niższe rejestry fortepianu, organów, itp); okazuje się, że także instrumenty „środka pasma" (np. saksofon) i głosy wokalistów tracą swoją naturalną moc i barwę, gdy pozbawimy je właściwego fundamentu. W przypadku ścieżek dźwiękowych filmów – biorąc pod uwagę coraz większą popularność systemów „kina domowego" – możliwość wypromieniowania dużych mocy w zakresie najniższych częstotliwości jest niezbędna; bez niej nie zostałoby odtworzonych wiele „ekfektów specjalnych", takich jak wybuchy, start odrzutowca, galopada, kroki dinozaura. Nic więc dziwnego, że na zakres ten zwraca się baczną uwagę; jednocześnie – niestety – zapewnienie jego poprawnego odtworzenia jest jednym z największych elektroakustycznych problemów. Przy czym wąskim gardłem po raz kolejny okazują się być zespoły głośnikowe. Zapewnienie transmisji pełnego pasma akustycznego – umownie od 20Hz do 20000Hz – poprzez nośnik cyfrowy lub analogowy, układy elektroniczne odtwarzacza CD, magnetofonu i wzmacniacza – nie jest specjalnym problemem. Ale przetworzenie najniższych częstotliwości zakodowanych w sygnale elektrycznym, na odpowiednie ciśnienie akustyczne – to zadanie nie lada, z którym od dawna borykają się konstruktorzy zespołów głośnikowych.

Fizyka

Aby wytworzyć odpowiednie natężenie w zakresie niskich częstotliwości, należy – opisując to w największym skrócie – przepompować bardzo dużą objętość powietrza w jednym cyklu (iloraz powierzchni membrany i jej amplitudy określany jest jako wychylenie objętościowe). Wraz z obniżaniem się częstotliwości, zapotrzebowanie to gwałtownie rośnie – do kwadratu (np. dla wypromieniowania przy 20Hz tej samej mocy, co przy 100Hz, należy przepompować 25 razy więcej powietrza w jednym cyklu, 1600 razy więcej niż przy 1kHz, 640000 razy więcej niż przy 20kHz! Tłumaczy to, dlaczego konstrukcje głośników wysokotonowych, średniotonowych i niskotonowych tak bardzo różnią się między sobą – co widoczne na pierwszy rzut oka – przede wszystkim wielkością. Aby przepompować określoną objętość powietrza, musimy albo zastosować membranę o dużej powierzchni, albo pozwolić na jej dużą amplitudę; w praktyce obydwie cechy idą ze sobą w parze – duże głośniki niskotonowe mają jednocześnie dużą amplitudę membran. Największe, 18-calowe (46-cm) głośniki niskotonowe, mając membranę o powierzchniu ok. 1300 cm^2 i amplitudzie maks. ok. 1,5cm mogą przepompować w jednym cyklu ok. 2 litrów powietrza! Natomiast typowy, 17-cm głośnik nisko-średniotonowy dwudrożnej, kilkunastolitrowej kolumienki przepompować może tylko ok. 20 razy mniejszą objętość.

System solid Solutions – średniej wielkości subwoofer, cztery satelity (dwa przednie i dwa tylne) plus głośnik centralny – tani komplet głośnikowy do kina domowego, nagrodzony przez EISA

Duże głośniki, duże obudowy

Duże głośniki niskotonowe wymagają zwykle zastosowania odpowiedno dużych obudów, również głośniki niewielkiej średnicy, aby mogły pracować optymalnie w zakresie niskich częstotliwości, nieraz wymagają stosunkowo dużej objętości (dokładna analiza parametrów głośnika i wynikających z nich parametrów obudowy jest bardzo obszernym działem wiedzy o głośnikach, nie będzie więc tu przedstawiana). Wniosek jest jednak prosty – zapewnienie efektywnego przetwarzania najniższych częstotliwości jest zwykle zarówno kosztowne, jak i kłopotliwe z powodu wielkości kolumny głośnikowej dobrze przetwarzającej basy.

Klasyczny, trzyczęściowy system „sub-sat" firmy Dantax, z miniaturowymi satelitami i subwooferem z obudpwą pasmowo-przepustową. Głośnik średniotonowy w satelitach ma średnicę 10cm, głośniki niskotonowe w subwooferze (konfiguracja Push-Pull) średnicę 20cm. Częstotliwość podziału wynosi 200Hz.

Drugi z tych problemów znajduje przynajmniej częściowe rozwiązanie dzięki pomysłowi zastosowania urządzenia głośnikowego nazywanego SUBWOOFER (ang. sub – pod, poniżej, woofer – głośnik niskotonowy), a więc głośnika superniskotonowego, który działa w obudowie niezależnej od podstawowego zespołu głośnikowego. Jeden subwoofer może obsługiwać obydwa kanały systemu stereofonicznego lub systemu dźwięku dookólnego, a ponadto może być ustawiony

dość dowolnie. Są to niewątpliwe zalety – podstawowe zespoły głośnikowe zostają „zwolnione z obowiązku" przetwarzania najniższych częstotliwości, więc nie muszą być bardzo duże, a przez to można je wygodniej ustawić w miejscach akustycznie najodpowiedniejszych, natomiast duży subwoofer może zostać ustawiony np. pod ścianą, gdzie nie będzie przeszkadzał domownikom. Czy rozwiązanie takie nie przynosi uszczerbku jakości dźwięku? Czy nie zostaje zubożona i zafałszowana stereofonia lub panorama dźwięku dookólnego, jeśli określony zakres częstotliwości, zamiast być przetwarzanym przez prawidłowo ustawione kolumny, jest odtwarzany tylko przez jedno źródło, w dodatku ustawione w przypadkowym miejscu? Okazuje się jednak, że przy spełnieniu kilku warunków, powyższe problemy jakościowe zostają zredukowane do minimum. Najniższe częstotliwości sprawiają nam wymienione na początku problemy, ale równocześnie mają właściwości, które pozwalają na tak wygodne rozwiązania.

Na falach długich

Gdy promieniowana przez głośnik fala akustyczna jest znacznie dłuższa niż średnica membrany (co ma miejsce w przypadku niskich częstotliwości), wówczas rozchodzi się wszechkierunkowo. Odbicia od ścian pomieszczenia powodują, że do słuchacza dociera ciśnienie akustyczne z wielu stron, utrudniając, bądź wręcz uniemożliwiając (dla najniższych częstotliwości) lokalizację źródła promieniowania (głośnika). W praktyce panorama stereofoniczna, lub dźwięku dookólnego, tworzona jest więc w przeważającej mierze przez dźwięki z zakresu częstotliwości średnich i wysokich. Należy jednak być ostrożnym przy wyciąganiu wniosków z tego faktu, bowiem jeśli gitara kontrabas został nagrany w lewym kanale, to czyż nie lokalizujemy go w lewym kanale? Jednak tak, mimo wspomnianych właściwości rozprzestrzeniania się częstotliwości najniższych. Dlaczego? Spektrum częstotliwościowe kontrabasu nie leży tylko w zakresie częstotliwości niskich, są w nim wyższe składowe, pochodzące n.p. od szarpnięć strun. Te składowe dają się łatwo zlokalizować w źródle, które je promieniuje, a w ślad za nimi nasze ucho (a w zasadzie cały układ psychoakustyczny) lokalizuje cały kontrabas; aby uzyskać taki efekt, najniższe częstotliwości mogą być jednak przetwarzane przez inny głośnik – nasz zmysł słuchu może zostać „oszukany" przez wyższe składowe, ponieważ nie może dokładnie zlokalizować źródła najniższych częstotliwości.

Opierając się na powyższych spostrzeżeniach, wielu producentów sprzętu elektroakustycznego proponuje subwoofer jako rozwiązanie poprawiające przetwarzanie najniższych częstotliwości, nie będące poważnym kompromisem względem zastosowania dwóch dużych, pełnozakresowych kolumn, jednocześnie funkcjonalne i umożliwiające wykorzystanie już posiadanych zespołów głośnikowych. Wydawałoby się, że subwoofer ma same zalety; jednak jak to zwykle bywa, można wskazać kilka słabych punktów takiego rozwiązania. Znając je, można minimalizować ich wpływ.

Uwaga: Faza!

Wszechkierunkowość promieniowania fal niskich częstotliwości nie jest wystarczającym warunkiem prawidłowego współdziałania subwoofera z głośnikami głównymi. Założenie wszechkierunkowego promieniowania jest bowiem spełnione już w zakresie ok. 300Hz, ale działanie systemu subwoofer-satelity z częstotliwością podziału w tym zakresie jest słabe, akustyczna integracja poszczególnych zakresów nie jest właściwa.

JBL – miniaturowy subwoofer TLX (obudowa pasmowo-przepustowa, dwa głośniki 13-cm) dedykowany jest małym zespołom głośnikowym TLX 110, które jednak mogą pracować również samodzielnie. Zastosowanie mianaturowego subwoofera nie przynosi tu wielkich korzyści – dolna częstotliwość graniczna zostaje obniżona z 45Hz do 40Hz. Częstotliwość podziału – 150Hz.

Problem ten wynika z zależności fazowych między poszczególnymi głośnikami, współpracującymi w przetwarzaniu całego pasma akustycznego. W zespole głośnikowym głośniki działają w określonej konfiguracji elektryczno-mechanicznej, tak aby w zakresach częstotliwości podziału promieniowały w fazach zgodnych. Długość fali 300Hz wynosi ok. 115cm; to znacznie więcej, niż średnica membrany nawet bardzo dużego głosnika niskotonowego (stąd spełniony jest warunek promieniowania fali kulistej), ale 1/2 tej fali to już tylko ok. 58cm – na takim dystansie następuje więc przesunięcie fazy o 180°. Oznacza to, że przy częstotliwości podziału 300Hz, przesunięcie subwoofera do przodu lub do tyłu, względem głośników satelitarnych i słuchacza, wywołuje przesunięcie fazy o 180° w zakresie, w którym obydwie części systemu powinny zgodnie współpracować. Choć możemy znaleźć wiele miejsc, w których będzie pracował prawidłowo (współdziałanie z głośnikami satelitarnymi odbywać się będzie w zgodnej fazie z punktu widzenia słyszenia – słuchacza), to ustawienie subwoofera nie jest zupełnie dowolne. Niedogodność tę możemy zmniejszać, a swobodę ustawienia subwoofera zwiększać, gdy obniżymy częstotliwość podziału (współdziałające fale będą znacznie dłuższe, i trudniej będzie o szkodliwe przesunięcia fazowe; np 1/2 fali 100Hz ma już długość ok.1,7m). Można też zawsze odwrócić fazę subwoofera – nawet jeżeli nie ma specjalnego przełącznika – po prostu zamieniając miejscami przewody podłączające. Nie jest to więc problem nierozwiązywalny, ale wskazane są eksperymenty z ustawieniem i sposobem podłączenia – „dowolne miejsce" nie oznacza miejsca najlepszego.

Uwaga: Ściany!

Kolejnym ciekawym zjawiskiem związanym z promieniowaniem fal niskich częstotliwości jest zmiana ich natężenia powodowana bliskością powierzchni odbijających. Gdybyśmy zawiesili subwoofer na środku pokoju, pomiędzy sufitem a podłogą, efektywność jego pracy byłaby najniższa. Jeśli postawimy go na podłodze – nadal na środku pokoju – natężenie niskich częstotliwości wzrośnie dwukrotnie. Jeśli jednocześnie przysuniemy do ściany – już czterokrotnie; jeżeli do naroża – aż ośmiokrotnie (każda powierzchnia daje wzrost dwukrotmy). Wynika stąd, że można

w dużym zakresie regulować poziom niskich częstotliwości za pomocą ustawienia; znaczenie mieć będzie nawet to, w którą stronę zwrócony będzie głośnik lub otwór obudowy – i jak można się domyślać, jeśli zwrócony będzie w stronę otwartej przestrzeni pokoju, w stronę słuchacza, wówczas natężenie niskich tonów będzie niższe, niż gdy zwrócowny będzie w stronę ściany.

Mini – mini – max – minimalne wymiary, minimalna jakość, maksymalna wygoda

Spotykamy się z bardzo różnymi realizacjami i sposobami wykorzystania subwoofera. Kilkanaście lat temu zaczęły zyskiwać dużą popularność systemy „sub-sat" – zestawy składające się z pary bardzo małych zespołów „satelitarnych" – przetwarzających zakres średnich i wysokich częstotliwości, i jednego subwoofera, raczej średniej niż dużej wielkości – przeważnie z obudową pasmowo-przepustową (głośniki ukryte wewnątrz). Z faktu, że w układach takich satelity są bardzo małe, a więc mają małe głośniki średniotonowe (10-12 cm), które nie mogą być obciążane dużą mocą w zakresie niskich częstotliwości, wynika, że częstotliwość podziału między satelitami a subwooferem jest relatywnie wysoka – ok. 200Hz. Wiążą się z tym wymienione powyżej problemy z właściwą integracją akustyczną systemu. Subwoofery takich układów – również dość skromne – także nie są zwykle mistrzami w przetwarzaniu najniższych częstotliwości – nie działają w tym zakresie wcale lepiej, niż przeciętnej wielkości, kilkunastostolitrowe zespoły głośnikowe. Układy takie nie mają jednak najczęściej wielkich ambicji audiofilskich, są adresowane do tych, dla których kłopotem jest ustawienie pary nawet średniej wielkości zespołów głośnikowych. Sposób podłączenia takich prostych układów polega zwykle na doprowadzeniu sygnału (pełnopasmowego) ze wzmacniacza do gniazd wejściowowych subwoofera, za którymi ulega on rozdzieleniu – poprzez filtry dolnoprzepustwe biegnie dalej do głosników subwoofera, a poprzez filtry górnoprzepustowe do gniazd wyjściowych, które łączy się z gniazdami wejściowymi satelitów. Subwoofer pełni więc w tym przypadku również rolę „centrali" rozdzielającej sygnał na odpowiednie podzakresy. Działanie takiego systemu zakłada więc, że satelity będą odciążone od przetwarzania niskich częstotliwości, co może wydatnie zwiększyć wytrzymałość całego systemu (mały, 12-cm głośnik nisko-średniotonowy, forsowany mocą elektryczną całego pasma akustycznego, wytrzyma 20-30W; odciążony od częstotliwości poniżej 200Hz, może pracować jako średniotonowy nawet w systemach o mocy znamionowej powyżej 100W). Zawsze taki system można podłączyć inaczej, zasilając satelity bezpośrednio ze wzmacniacza, ale grozić może to ich przeciążeniem, i ewentuanie nawet przeciążeniem wzmacniacza (zbyt niska wartość impedancji obciążającej wzmacniacz). Systemy takie nie rozpowszechniły się, ponieważ w konfrontacji z parą klasycznych zespołów głośnikowych – w tej samej cenie – zwykle wypadały dość blado. Dla mało wymagających użytkowników, którzy przede wszystkim chcą „schować" sprzęt, aby zabierał jak najmniej miejsca, jest to jednak rozwiązanie dość kuszące.

Gigantyczny subwoofer Wilson Audio X-S (500kg sztuka), przeznaczony do współpracy z niewiele mniejszymi X-1 „Grand Slamm". Subwoofer ten, zbudowany w oparciu o dwa 18-calowe głośniki w komorach bass-reflex, przetwarza tylko najniższe częstotliwości – od 20 do 50Hz, mogąc wytwarzać w tym zakresie ponad 120dB.

Max – max – max – maksymalne wymiary, maksymalna jakość, maksymalna cena

Na drugim biegunie – jakościowym, cenowym i funkcjonalnym – znajdują się bardzo duże i drogie subwoofery, które mają za zadanie wspomagać główne zespoły głośnikowe w zakresie ekstremalnie niskich częstotliwości. W układach takich główne kolumny wcale nie są ułomne w przetwarzaniu niskich częstotliwości – dodatkowy subwoofer lub subwoofery mają za zadanie uzupełnić pasmo akustyczne o skrajnie niskie częstotliwości, umożliwiając wytwarzanie w tym zakresie dużych natężeń. Mimo bardzo niskich częstotliwości podziału, w układach takich występują najczęściej dwa subwoofery, niezależne dla każdego kanału stereofonicznego. Jak widać, walory funkcjonalne nie mają tutaj wielkiego znaczenia – wszystko zmierza do osiągnięcia absolutnie doskonałego przetwarzania najniższych częstotliwości. Przykładem takiej gigantomanii jest głośnikowy „komplecik" amerykańskiej firmy Wilson Audio. Podstawowe kolumny to konstrukcje gigantyczne – X-1 „Grand Slamm", przez wielu ekspertów uznawane za najlepsze na świecie (mają wysokość prawie 2m, masę 360 kg [jedna], doskonałe przetwarzanie basu

Duży, aktywny (200W) subwoofer firmy KEF (obudowa pasmowo-przepustowa, dwa głośniki 25-cm), przeznaczony do zastosowań zarówno w układach stereofonicznych, jak i w systemach kina domowego (certyfikat THX)

zapewniają dwa głośniki firmy Focal – jeden o średnicy 38cm, drugi 30cm, cena – ok. 2,5 miliarda starych złotych za parę). Jeżeli ktokolwiek nie zostanie zabity przez bas z tych monstrów, załatwić to powinna para subwooferów X-S. Każdy X-S ma wysokość ponad 2m, kubaturę ok. 1m^3, masę 500 kg i jest uzbrojony w dwa głośniki o średnicy 46cm (powierzchnia drgająca wynosi ok. 2500 cm^2). Cena pary – ok. 2 miliardy starych złotych. Żeby nie było nieporozumień – są to kolumny stworzone do użytku domowego ("Hi-Fi"), a nie profesjonalnego – estradowego czy studyjnego!

Opisany wypadek jest rzadki, ale nie zupełnie odosobniony. Oto na zeszłorocznej wystawie Funkaustellug w Berlinie, niemiecka firma Burmester zaprezentowała coś na wskroś podobnego – potężne zespoły głośnikowe B97 (w każdym dwa 30-cm głosniki niskotonowe), wspomagane subwooferowymi modułami (ilość dowolna) z głośnikami 46-centymetrowymi.

Znajdź właściwe proporcje

Pomiędzy tymi skrajnościami – miniaturowymi systemami sub-sat, i monstrualnymi systemami o masie przekraczającej tonę, rozciąga się ogromna przestrzeń małych, średniej wielkości i dużych zespołów głośnikowych, którym można pomóc w przetwarzaniu basu za pomocą dodoatkowego subwoofera lub subwooferów. Zanim jednak zaczniemy pomagać, musimy pamiętać o znanej lekarskiej maksymie – przede wszystkim nie szkodzić. W tym przypadku oznacza to, że subwoofer powinien mieć wyraźnie większe możliwości w zakresie niskich częstotliwości, niżej sięgające pasmo przetwarzania, niż zespoły głośnikowe, z którymi ma współpracować. Powinno się unikać bowiem współdziałania subwoofera i zespołu głosnikowego w szerokim zakresie częstotliwości, gdyż wiązać się to będzie z możlwiością pojawiania się niezgodności fazy, a wówczas ciśnienie z obydwu źródeł, zamiast się dodawać, będzie się odejmować, i wypadkowe natężenie, przy pewnych częstotliwościach, może być niższe, niż z samych kolumn głównych, bez udziału subwoofera, a wypadkowa charakterystyka częstotliwościowa w zakresie basu będzie nierówna. O ile więc miniaturowym satelitom pomóc może choćby mały subwofer, to dla średniej wielkości, wolnostojących kolumn powinien być on odpowiednio większy. Bardzo nieprecyzyjną regułą (ale lepszą niż żadna), która pozwolić może na racjonalne dopasowanie subwoofera do kolumn podstawowych, jest spełnienie warunku: głośnik subwoofera powinien być przynajmniej o „kaliber" większy od głośnika niskotonowego lub nisko-średniotonowego podstawowego zespołu głośnikowego – wówczas prawdopodobnie ma większe możliwości w przetwarzaniu najniższych częstotliwości (nie można jednak przemilczeć, że wśród najlepszych konstrukcji renomowanych firm są np. 17-cm głośniki nisko-średniotonowe, które „potrafią więcej" niż przeciętne głośniki 20, a nawet 25cm). Jeżeli uzupełniamy posiadane już zespoły głośnikowe o dodatkowe subwoofery, należy rozważyć, czy i ewentualnie jak odciążyć głośniki główne od przetwarzania tego zakresu częstotliwości, którym teraz zajmą się subwoofery. Im niżej ustalimy częstotliwość podziału – tym łatwiej będzie zintegrować system, a brzmienie będzie

Pełny zakres regulacji aktywnego subwoofera B&W 800ASW – możliwość sterowania sygnałem niskonapięciowy (wejścia RCA „line") i wyjścia na satelity z sygnałem przefiltrowanym (aktywnie, 18dB/okt,), wejścia z sygnałem już wzmocnionym („speaker level") i wyjścia na satelity z sygnałem przefiltrowanym biernie, 6db/okt. Górna częstotliwość graniczna pracy subwoofera regulowana w zakresie 40-135Hz, dolna częstotliwość graniczna (-6db) – 15Hz (!). Przełączana faza, regulowane wzmocnienie (moc znamionowa wzmacniacza: 200W). Głośnik 30-cm, w obudowie bass-reflex.

spójne i zrównoważone; im wyżej – tym bardziej odciążymy głosnik nisko-średniotonowy głównych kolumn, tym będzie on bezpieczniejszy przy dużych dostarczonych mocach. Określenie właściwej częstotliwości podziału zależy od wielkości i właściwości subwoofera, a przede wszystkim głośnika nisko-średniotonowego; generalnie – im jest mniejszy, tym częstotliwość podziału wyższa.

Subwooferowe specjalności

W subwooferach spotyka się kilka ciekawych rozwiązań, rzadko stosowanych w konwencjonalnych zespołach głosnikowych. Subwoofery mają często nietypową konstrukcję obudowy – pasmowo-przepustową (ang. band-pass). Głośnik znajduje się w środku skrzynki, a ciśnienie przezeń wytwarzane wypromieniowywane jest przez otwór. Pomysł ten wykorzystuje dolnoprzepustowe właściwości akustycznego układu rezonansowego, utworzonego przez podatność powietrza w komorze, z której wyprowadzono otwór, i masy powietrza w tunelu otworu. Dzięki temu, poza dolnoprzepustowym filtrowaniem elektrycznym (biernym lub aktywnym), można zwiększyć selektywność pracy subwoofera dodatkowym filtrowaniem akustycznym. Ponadto, obudowa pasmowo-przepustowa pozwala na dość swobodne kształtowanie charakterystyki częstotliwościowej – np. rozszerzenie pasma przenoszenia (wyznaczonego przez punkty o założonym spadku ciśnienia akustycznego – np. -6dB, względem poziomu średniej efektywności), właśnie kosztem efektywności – w rzeczywistości nie następuje więc zwiększenie możliwości wytwarzania dużych natężeń dźwięku w zakresie niskich częstotliwości, ale uzyskujemy możliwość lepszego wyeksponowania najniższych tonów względem „średniego basu". Są to jednak już problemy ściśle konstrukcyjne. Obudowa pasmowo przepustowa pozwala na swobodne zainstalowanie dwóch głośników w konfiguracji push-pull. Zainstalowanie dwóch głosników w jednym subwooferze jest często spotykane wówczas, gdy jeden subwoofer obsługiwać ma dwa kanały stereofoniczne – jeden głośnik odbiera i przetwarza wówczas sygnał jednego kanału, drugi – drugiego. Natomiast konfiguracja push-pull pozwala na wydatne zmniejszenie objętości obudowy. Jeżeli dla uzyskania założonego pasma przenoszenia z wykorzystaniem określonego głośnika potrzebna jest objętość obudowy np. 50 dm3, to przy klasycznym użyciu dwóch głośników (jeden obok drugiego) objętość musiałaby wynieść 100 dm^3, a dla konfiguracji push-pull... – tylko 25 dm^3. Wyjaśnienie tego fenomenu ponownie wymagałoby długiej analizy pararametrów głośnika. Ceną tego wygodnego rozwiązania jest niska efektywność. Zamiast dwóch głośników, dla odbioru sygnałów z obydwu kanałów można użyć pojedyńczego głosnika z podwójnym uzwojeniem cewki.

Subwoofer aktywny i kino domowe

W ciągu ostatnich lat bardzo zwiększył się udział subwooferów aktywnych, i wydaje się, że to do nich należy przyszłość w tej branży. Wiąże się to z upowszechnianiem systemów kina domowego – procesory dźwięku dookólnego mają specjalne, dodatkowe wyjścia sygnałowe (sygnał przed wzmocnieniem) do sterowania subwoofera, który jest przewidziany w koncepcji systemów wielogłośnikowych. Subwoofer aktywny ma wiele przewag nad klasycznym subwooferem biernym. Subwoofer aktywny to urządzenie wzmacniająco-głośnikowe – jest sterowane sygnałem niskonapięciowym (tego rodzaju, jakie jest w gniazdach RCA (cinch), np. na wyjściu magnetofonowym, na wyjściu odtwarzacza CD lub na wyjściu przedwzmacniacza), nie czerpie więc cennej mocy ze wzmacniacza – jest „samowystarczalne", bowiem ma własny, wbudowany wzmacniacz. Ponadto pozwala to na dokonywanie pewnych operacji na sygnale jeszcze przed jego wzmocnieniem. Można np. dowolnie ustalić charakterystykę częstotliwościową wraz z górną częstotliwością graniczną (a więc założoną częstotliwością podziału między subwooferem a głośnikami głównymi), ustawić fazę, i oczywiście wzmocnienie. Daje to ogromne pole manewru i pozwala na znacznie łatwiejsze zintegrowanie subwoofera z pozostałymi głośnikami, niż w przypadku subwoofera biernego o „sztywnych" parametrach, gdzie wszystko, co możemy zrobić, to odwrócić polaryzację (przekładając końcówki kabla) i poszukiwać najlepszego ustawienia. Subwoofery aktywne są urządzeniami znacznie droższymi od klasycznych subwooferów biernych, a mimo to systematycznie wypierają je z rynku – ich zalety są bardzo przekonujące, eliminują wiele problemów, które zniechęcały do zakupu subwooferów biernych. Ponadto, o ile w systemach stereofonicznych, przeznaczonych tylko do odsłuchu muzyki, duże ciśnienia w zakresie najniższych częstotliwości są pożądane tylko sporadycznie, i ostatecznie możemy się bez nich obejść, to właściwe odtworzenie ścieżki dźwiękowej wymaga nieraz wytworzenia silnych wibracji, użycia przy tym odpowiedniej mocy elektrycznej, która nie powinna zostać zabrana z podstawowego wzmacniacza, który i tak nieźle się już poci nad zasilaniem pozostałych głośników systemu.

Z subwooferem czy bez?

Subwoofer jest urządzeniem pożytecznym, ale nie niezbędnym. Jeżeli posiadamy parę dobrych zespołów głośnikowych, nie wpadajmy w kompleksy – posiadacze tanich systemów sub-sat słyszą z nich znaczie mniej niż my, choć mogą się cieszyć z fukcjonalnej miniaturyzacji systemu. Jeżeli myślimy jednak o wzbogaceniu naszego systemu o subwoofer, myślmy o tym poważnie. Musimy być pewni, że interesujący nas subwoofer lepiej przetwarza niskie częstotliwości, niż posiadane już kolumny; tylko wówczas jego podłączenie ma sens. Sama nazwa „subwoofer" wcale tego nie gwarantuje. Przyjrzyjmy się zarówno parametrom podawanym przez producenta, jak i cechom konstrukcyjnym. Praw fizyki oszukać się nie da – aby wytworzyć duże ciśnienie w zakresie niskich częstotliwości, trzeba przepompować dużo powietrza. Z dugiej strony nie ma takich zespołów głośnikowych, których przetwarzania basu nie można „poprawić" – za pomocą odpowiednio dużego, właściwie dobranego subwoofera. Przeprowadźmy doświadczenia, poszukując najlepszego ustawienia subwoofera z akustycznego punktu widzenia – wskazówka, że subwoofer można ustawić „gdziekolwiek", jest bardzo ogólna. Skupmy uwagę na subwooferach aktywnych, które pozwalają na większą swobodę w ustawieniu, gdyż pozwalają na dokonanie ważnych regulacji ułatwiających akustyczną integrację z pozostalymi głośnikami. Zwróćmy uwagę nie tylko na ilość basu i jego rozciągnięcie, ale i na jego jakość – czy jest odpowiednio rytmiczny, sprężysty, szybki, czy nie gra „na jedną nutę". Słabe głośniki niskotonowe i słabe subwoofery mogą mieć zdolność wytwarzania dużych natężeń niskich tonów, ale będą one jednobarwne, dudniące, nieczytelne. Zróbmy test – czy po włączeniu subwofera brzmienie kontrabasu jest tak samo wyraźne (to nie to samo, co potężne), jakie było bez jego pomocy? Jeśli nie, szukajmy dalej. Dobry bas to nie tylko efektowne wibracje i „masowanie", ale również klarowność i dobra kontrola.

Andrzej Kisiel

ISDN

część 2

Elektronika łatwa i przyjemna

Zostawiłem, Cię młody człowieku przed miesiącem z „wachlarzem" w ręku. Ten wachlarz to szeroka gama usług, jakie mają do zaoferowania centrale cyfrowe, a gdy w dodatku jest to centrala oferująca usługi ISDN to trzeba ten wachlarz trzymać z radością obiema rękami. Dlaczego z radością? Myślę, że po dzisiejszej lekturze tego odcinka o ISDN, o tym czego można oczekiwać od central cyfrowych, na pewno inaczej spojrzysz młody czytelniku na swój aparat telefoniczny. W takim razie prosimy wieżę kontrolną o pozwolenie i startujemy.

Wznosimy się z informacją prostą jak drut, że centrale cyfrowe oferują nam pomoc w nawiązaniu rozmowy z żądanym abonentem. Tu możesz się oburzyć młody człowieku i powiedzieć, że taką usługę to ty masz i w starej centrali analogowej. Zgoda! Istotnie masz, ale czy pamiętasz, ty egoisto, o naszym dziewczęciu o głosie cichym jak szmer strumyka w majowy poranek? Dziewczę to pragnęło się skontaktować ze swym miłym, aby mu powiedzieć, że spóźni się na spotkanie pod ulubionym jaworem, bo musi kupić nowy tusz do rzęs, którymi ma ochotę potrzepotać. Skorzystała zatem z automatu telefonicznego na ulicy pod sklepem. Z powodu cichego głosu i padającego deszczu, Filon (bo tak mu było na imię) niezbyt dobrze ją zrozumiał i jak na rasowego faceta przystało, był na miejscu o wcześniej umówionej porze i rdzewiał później na deszczu.

Wszystko dlatego, że dziewczę skorzystało ze starej centrali analogowej. Później zobaczymy czym to się skończyło.

W przypadku, gdy połączenie może być zestawiane i obsługiwane cyfrowo, niebezpieczeństwo przekłamania informacji jest wyeliminowane i nawet nasze dziewczę nie musi się bać, że jej głos (cichy jak szmer strumyka w majowy poranek) ugrzęźnie gdzieś po drodze. Powtórzmy raz jeszcze: centrale cyfrowe oferują nam sygnał silny, czytelny, nie zniekształcony przez czynniki osłabiające jego poziom (tłumienie, szum kanałowy itp., o tych rzeczach wspomniałem ci przed miesiącem).

A teraz uwaga, bo zaczynamy lot na wysokim poziomie. Przez chwilę będziemy na pułapie, który zdobyły niektóre centrale analogowe, ale to co dla nich było szczytem osiągnięć jest dla centrali cyfrowej zaledwie podstawą, bazą, od której zaczęły. Nie będę tutaj opisywał, które to były centrale analogowe i jakie usługi oferowały, chcę natomiast przedstawić to, czego możemy wszyscy oczekiwać, i z czego skorzystać jako abonenci nowoczesnych, obecnie instalowanych central cyfrowych. O możliwościach toru fonicznego przed chwilą sobie powiedzieliśmy.

A teraz lecimy dalej:

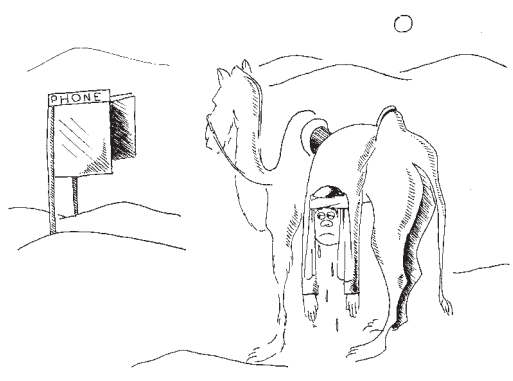
- **połączenie bezpłatne**

Przykład tego był przy połączeniach awaryjnych tzn. z Policją, Pogotowiem Ratunkowym, Strażą Pożarną. Wybieraliśmy np. 997 i uzyskiwaliśmy bezpłatne połączenie z Policją. Dzisiaj oprócz tych klasycznych bezpłatnych numerów alarmowych wybieramy 0–800 i coś tam dalej, aby połączyć się z INFOLINIĄ. My za to nie płacimy ani grosza, niezależnie z jakiej odległości dzwonimy, płaci natomiast firma, która zafundowała taką możliwość dla swoich klientów. Przykładowo 0–800 22333 to numer do trzeciego programu radia – prezenterzy „trójki" często nazywają go darmofonem.

Doszliśmy tutaj do następnej usługi, która się nazywa:

- **transfer zaliczania**

Pierwsze zastosowanie tej usługi masz powyżej (i życzę ci dużo szczęścia, żebyś dodzwonił się do trójki w czasie programu na żywo).



Innym momentem skorzystania z tej możliwości jest chwila, gdy nie masz żetonów, karty telefonicznej, jest środek nocy, a budka stoi w środku lasu. Nie marudź, właśnie w środku lasu: może tak być, gdy bawisz akurat w ośrodku wypoczynkowym na Mazurach, chcesz skorzystać z zainstalowanego automatu telefonicznego i właśnie w środku nocy koniecznie musisz zadzwonić do szwagra mieszkającego w Białogardzie. Łączysz się wtedy z (Uwaga! wchodzimy do nowych dla nas określeń telekomunikacyjnych) **operatorem sieci** (nie mylić czasami z Telekomunikacją Polską) prosząc o połączenie z podanym numerem na koszt rozmówcy. Operator łączy rozmowę dając znać, że rozmowa jest przeprowadzana na koszt odbierającego. I znów marudzisz, że i kiedyś można było zamówić taką rozmowę za pośrednictwem telefonistki, a nie jakiegoś tam operatora. Tak, ale w centralach cyfrowych istnieje możliwość skorzystania z tego rodzaju udogodnienia automatycznie, bez korzystania z pośrednictwa telefonistki. A operator? Możesz sobie wyobrazić, że rolę operatora pełni program komputera sterującego pracą centrali. Inna sprawa, że w swoim marudzeniu też masz trochę racji, bo zgodnie ze starą zasadą, że jeżeli coś się może popsuć to popsuje się na pewno, nie można tak całkiem wyeliminować człowieka z pracy nowoczesnej centrali. Człowiek taki nie pełni jednak funkcji telefonistki, ale sprawuje nadzór nad tymi wszystkimi fikającymi po łączach zerami i jedynkami, i jeżeli będziesz miał problem połączeniowy to będzie on (ten nasz kumpel w centrali) ostatnią deską ratunku.

Wróćmy jednak do naszego automatycznego operatora: zaliczenie rozmowy na koszt szwagra nastąpi poprzez dodanie do jego numeru dodatkowej cyfry lub szeregu cyfr uruchamiających tę usługę i po akceptacji z jego strony, że taką rozmowę przyjmie.

Tak więc wszyscy ci, którzy chcieliby chytrze dzwonić ze swojego aparatu ale na czyjś koszt niech się zbytnio nie cieszą. Jeśli kiedyś spró-

bowaliby wykręcić komuś taki numer, odpowiedni komunikat podany przez naszą cyfrową sieć poinformuje go, że to on płaci za przyjemność konwersacji, i bez akceptacji usługi z jego strony, taka rozmowa po prostu nie dojdzie do skutku.

- **obsługa wywołań w ruchu krajowym i międzynarodowym**

To jest, mam nadzieję, tak proste, że nie muszę o tym pisać. Po prostu bierzesz słuchawkę w dłoń i dzwonisz. Fajnie! No może nie tak do końca...

- **ograniczenia w ruchu krajowym i międzynarodowym**

Bardzo pożyteczna usługa, ceniona szczególnie po wakacjach, przez rodziców, którzy mają szczęście posiadać dzieci w wieku .... powiedzmy ... maślanych oczu. Przy pomocy tej funkcji, zgłaszając to zastrzeżenie do miejscowego biura TPSA mogą ograniczyć telefoniczny ruch wychodzący ze swojego mieszkania do najbliższej okolicy lub strefy numeracyjnej. Po pewnym czasie, gdy rodzicom wydaje się, że panują nad sytuacją, odwołują te ograniczenia a wtedy ... O rany ale rachunek!

Na wyższym poziomie technicznym, bo przecież mamy cenralę cyfrową, ta usługa jest uruchamiana przez użytkownika, który od swojego biura telekomunikacyjnego dostaje przy okazji numeru abonenckiego, możliwość zaprogramowania indywidualnego „hasła" składającego się z szeregu cyfr i\lub znaków. Już dzisiaj na aparatach telefonicznych możesz zauważyć nad np. cyfrą 2 literki A B C, nad cyfrą 3 literki D E F itd. Możesz użyć tych literek do wprowadzenia hasła uruchamiającego niektóre usługi. O konieczności wprowadzenia hasła, przypominać ci będzie centrala.

Nadzór nad rozmowami uzyskujemy również poprzez tzw. billing czyli rozliczenie przeprowadzonych połączeń. Możemy otrzymać wydruk z centrali telefonicznej dotyczący ruchu telekomunikacyjnego zaobserwowanego na naszych łączach. Na wydruku tym jest wyszczególniona data, godzina, czas trwania połączenia, numer abonenta, z którym zostało zestawione połączenie, ilość impulsów taryfikacyjnych oraz koszt przeprowadzonego połączenia. Ten ruch telekomunikacyjny nazywa się, uwaga, „automatyczne połączenia telefoniczne w ruchu wychodzącym". Ależ Ty będziesz młody człowieku wyedukowany telekomunikacyjnie. Normalnie aż wpadłem w zachwyt.

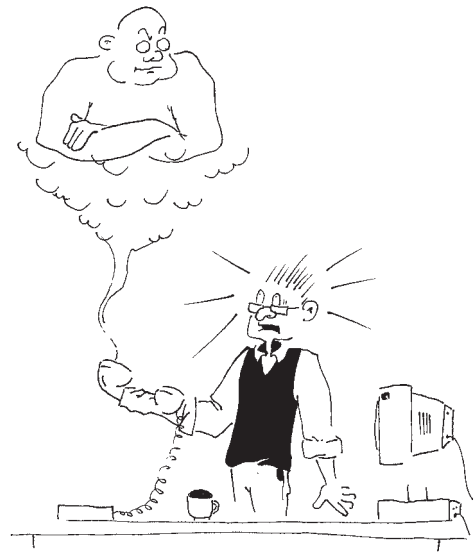
Na nieszczęście tych dzieci w wieku maślanych oczu, rodzice zawsze mogą zażądać z TPSA takiego wydruku i wtedy, oj będzie sądny dzień, gdy dojdą wreszcie, kto i kiedy dzwonił na numery zaczynające się od 0–700... albo i jeszcze inne.

Gdy jeden taki sądny dzień nie rozwiąże problemu, rodzice mogą skorzystać z hasła (mamy nadzieję, że tylko im, a nie dzieciom, znanego).

- **obsługa wywołań inicjowanych przez aparaty z wybieraniem tonowym (DTMF) jak i dekadowym (impulsowym)**

Na pewno nieraz spotkałeś się młody czytelniku z aparatami, które podczas wybierania numeru „grały", są to aparaty wybierające numery „tonowo". Te z tarczą kręcącą się wokół osi to stare aparaty wybierające numery „impulsowo" lub inaczej mówiąc „dekadowo". Wybieranie tonowe jest zdecydowanie szybsze od impulsowego, a ponadto otwiera szerokie możliwości, bo sygnały tonowe (w przeciwieństwie do impulsowych) mogą być przekazywane do centrali i dalej nie tylko w czasie wybierania, ale także po zestawieniu rozmowy. W naszym kraju też pomału przechodzimy na wybieranie tonowe. Wszystkie nowoczesne centrale rozumieją sygnały tonowe (tak zwany kod DTMF). Dopóki jednak istnieją na świecie takie staroświeckie aparaty z tarczą wybierające w trybie impulsowym, wszystkie centrale muszą umieć je obsługiwać.

Jeśli masz u siebie w domu aparat z klawiaturą, to koniecznie sprawdź, czy przełącznik TONE/PULSE jest w pozycji TONE. Jeśli nie, spróbuj, czy twoja centrala rozumie sygnały wybierania tonowego. Przełącz w pozycje TONE i wybierz choćby numer zegarynki.



Jeśli nic z tego nie wyjdzie, jesteś podłączony do jakiejś starej centrali. Ja ci tu opowiadam o ISDN–ie, a okazało się, że twoja centrala pochodzi z epoki kamienia łupanego.

Jeśli obsługuje cię taka centrala, nie myśl o tych ciekawych, dodatkowych usługach, które omawiamy.

Z drugiej strony, jeśli obsługuje cię nowoczesna centrala cyfrowa, a ty jak ostatni zacofaniec nadal korzystasz z archaicznego aparatu z tarczą, to nie masz kolego dostępu do większości omawianych usług choćby dlatego, że realizowane są one za pomocą sygnałów tonowych, wysyłanych z aparatu do centrali.

Aparaty wybierające numer tylko impulsowo (nie tylko te z tarczą, ale i starsze modele z klawiaturą) możemy więc czule pożegnać i dać małym dzieciom do zabawy, gdyż pociechy z opisywanych usług z ich pomocą mieć nie będziemy.

W tym miejscu chciałbym ci podać kilka kolejnych słów wyjaśnienia. Wcześniej rozróżniliśmy centrale cyfrowe i analogowe. Wydawało ci się, że dostęp do takiej nowoczesnej, cyfrowej centrali, oznacza automatycznie dostęp do ISDN (zintegrowanej cyfrowej sieci usług). Może nadal wyobrażasz sobie, że to nowoczesne wybieranie tonowe świadczy, że oto stałeś się pełnoprawnym użytkownikiem sieci ISDN. Znów błądzisz przyjacielu! Już miesiąc temu ci mówiłem, że współczesne aparaty telefoniczne, faksy i podobne wynalazki nie są aparatami przeznaczonymi do bezpośredniej współpracy z cyfrową siecią ISDN.

„Prawdziwy" dostęp do ISDN będziesz miał dopiero wtedy, gdy to uzgodnisz i opłacisz w biurze TPSA. Oczywiście wtedy będziesz potrzebował prawdziwie cyfrowego aparatu, a ten kupiony pół roku temu, z nowoczesną z klawiaturą i oczywiście wybieraniem tonowym, będziesz musiał odstawić na półkę.

No więc, czy nie będąc „prawdziwym" abonentem ISDN masz szansę skorzystania z usług tej sieci, które ci właśnie tak obrazowo opisuję?

Tak, bo centrale i łącza międzycentralowe są łączami w pełni cyfrowymi, natomiast na tym kawałku między twoim aparatem a centralą, pomogą ci sygnały tonowe DTMF.

No widzisz, znalazł się sposób, by nawet przy wykorzystaniu aparatów analogowych (ale z wybieraniem to-

nowym DTMF) dobrać się do bogactwa usług sieci ISDN.

A teraz wracamy do tych usług.

proszę nie przeszkadzać

Wyobraźmy sobie, że masz wyjątkowo ważne spotkanie i nie chcesz aby ci przeszkadzano.

Rozwiązaniem najprostszym jest wyjęcie wtyczki z gniazdka ale ty przecież jesteś abonentem centrali cyfrowej i w związku z tym po prostu uruchamiasz usługę „proszę nie przeszkadzać" przy pomocy własnego aparatu.

Abonent, który chce z tobą rozmawiać, słyszy u siebie w słuchawce inny niż dotychczas sygnał wywołania i wie, że zastał cię w domu (lub w pracy), ale nie możesz teraz rozmawiać. Przypomnijmy, że „sygnał zwrotny kontroli wywołania" (tak przepięknie się nazywa to co słyszymy w słuchawce kiedy czekamy na podniesienie słuchawki przez abonenta, do którego dzwonimy) składa się z 4 sekund ciszy i z 1 sekundy słyszalnego sygnału dźwiękowego. Gdy usłyszymy inny rytm sygnału zwrotnego np. 0,5 s sygnał, 0,5 s cisza (czyli telekomunikacyjnie rzecz ujmując 0,5 s emisja, 0,5 s przerwa) to wiemy, że ten do którego dzwonimy, gada sobie w najlepsze z kimś innym i jest mówiąc krótko „zajęty". Kiedy zatem uruchomisz usługę „Proszę nie przeszkadzać", twoja nowa centrala cyfrowa prześle zupełnie inny sygnał zwrotny, dotychczas nie słyszany, i po tym rozmówca pozna, że zostało uruchomione coś, co blokuje dostęp do ciebie. Ten zupełnie inny sygnał będziesz też słyszał w swojej słuchawce, kiedy ją podniesiesz, po to aby ci przypomnieć o konieczności odwołania usługi, kiedy już nie będzie ci potrzebna. A kiedy zapomnisz ją odwołać, bo nie musiałeś już nigdzie dzwonić? Spójrz do następnego udogodnienia oferowanego przez centrale cyfrowe. W przypadku kiedy jednak zastosujemy prymitywny sposób tzn. wyjmiemy wtyczkę z gniazdka, zwykły sygnał zwrotny kontroli wywołania informuje, że nikogo nie ma w domu (lub w pokoju w pracy), w związku z czym ktoś dzwoni do nas co parę minut wściekając się coraz bardziej, bo przecież wie, że na pewno jesteśmy i powinniśmy odebrać rozmowę.

obsługa abonentów nieobecnych

Pamięć mamy bardzo dobrą lecz ulotną i może się zdarzyć, że np. zapomnimy odwołać uruchomioną usługę „Proszę nie przeszkadzać". Od czegóż mamy zatem centrale cyfrowe? Otóż centrale cyfrowe mamy po to aby ułatwiały nam życie. W tym wypadku ułatwienie to będzie polegało na automatycznym odwołaniu usługi po 24 godzinach od czasu jej zainicjowania. Centrala cyfrowa w swej jaźni monitoruje linie abonenckie i sprawdza ich stan, kiedy więc my zapomnimy o uruchomionej funkcji możemy być pewni, że centrala o niej nie zapomni. Ta usługa ma też znaczenie dla osób, które chcą wyjechać na wakacje, a które nie chcą aby złodzieje zaobserwowali ciemne okna w mieszkaniu podczas ich nieobecności. Przy pomocy centrali telefonicznej można włączać i wyłączać światła o określonych porach, nadzorować klimatyzację, regulować rybkom temperaturę w akwarium, dozować wodę przy podlewaniu kwiatków itp. Wystarczy teraz przed wyjazdem zaprogramować centralę telefoniczną, wyposażyć wyżej wymienione urządzenia w odbiorniki informacji, które będą przez nią nadawane i można spokojnie wyjechać nie martwiąc się, że rybki zdechną z głodu a kwiaty uschną.

obejście „Proszę nie przeszkadzać"

Udostępniamy tę usługę zaufanym osobom, które nie nadużyją tego przywileju gdy do nas będą dzwoniły w mało ważnych sprawach i natkną się na uruchomioną funkcję „Proszę nie przeszkadzać". Może się jednak zdarzyć, że nastąpi nagły wypadek i trzeba kogoś kto tę usługę zainicjował natychmiast o nim powiadomić. W normalnych warunkach mielibyśmy zwrotną informację, że trwa usługa „Nie przeszkadzać" i próbowalibyśmy zadzwonić później. Teraz nie ma na to czasu. Możemy skorzystać z okazanego nam zaufania i w podany przez abonenta sposób obejść uruchomioną przez niego funkcję, lub odwołać się do znanego nam już operatora sieci, który ma uprawnienia by na naszą prośbę połączyć nas z rozmówcą.

przenoszenie wywołań

Cóż kryje się pod tą nazwą? Pamiętacie Filona, który rdzewiał na deszczu pod ulubionym jaworem, bo dzwoniono do niego niestety jeszcze z centrali analogowej? Otóż zmókł był on doszczętnie do suchej nitki, aż wreszcie wpadł na pomysł aby zadzwonić do swego dziewczęcia, aby spytać czy ta randka to była dzisiaj czy może w tym samym dniu, ale w przyszłym tygodniu.

W tym czasie dziewczę kupiło już tusz do rzęs, będąc przekonane, że miły wie o spóźnieniu na randkę ze dwie godziny (tak, tak. Byliście na zakupach kiedy dziewczyna kupuje kosmetyki? Pewne jak w banku: nie macie się co spodziewać, że wróci do świata przytomnych wcześniej jak za dwie godziny.).

Nasza bohaterka uwinęła się z kupnem tuszu w niecałą godzinę i oczywiście wpadła do fryzjera. Fryzjerka to jej przyjaciółka, więc zaraz znalazło się parę tematów do poplotkowania, a jednym z nich była nowa centrala telefoniczna do której podłączony był zakład fryzjerski. Nasza bohaterka zachwycona była możliwościami centrali cyfrowej, z której usług korzystała już od jakiegoś czasu i postanowiła pokazać swojej koleżance niektóre z możliwości, które oferują takie centrale. Na początek uruchomiła usługę „Przenoszenie wywołań", i przeniosła swój domowy numer telefonu do zakładu swojej przyjaciółki fryzjerki. I całe szczęście, że to zrobiła bo zziębnięty Filon zadzwonił na numer swej wybranki i... może rozmawiać z nią, przebywającą w zupełnie innym miejscu. Nie trzeba dodawać, że zrobiło mu się gorąco kiedy się pieklił, że on tam pod tym jaworem.. a ona w papilotach u kumpelki.

Ale wracajmy do nas, usługę tę możesz aktywować ze swojego aparatu wychodząc z domu i wiedząc gdzie będziesz (aby tam kierować wywołania) lub też, kiedy już będziesz na miejscu możesz „ściągnąć" swój numer do miejsca gdzie jesteś. Odwołanie usługi może nastąpić z dowolnego miejsca.

przenoszenie wywołań w przypadku zajętości

Możemy uprawnić innego abonenta do odbioru wywołań kierowanych do nas, w czasie gdy gadamy sobie z kimś innym. Wróćmy do naszej fryzjerki. W zakładzie, który prowadzi, są dwie linie telefoniczne. Jedną linię udostępniła swojej przyjaciółce, która rozmawia z Filonem a z drugiej może odebrać rozmowę, która została tam skierowana po stwierdzeniu przez centralę, że pierwsza linia jest zajęta. Te dwa aparaty są umiejscowione w jednym zakładzie i możemy uprawnić dowolnego abonenta do przejęcia informacji, która ze względu na np. wspólne działania bez względu na miejsce odebrania wywoła zamierzony skutek.

wywołanie grupowe

Chyba ci nie wspomniałem, że Filon pracuje w fabryce balonów. Jak zapewne wiesz młody czytelniku, ze względu na bezpieczeństwo powłok, z których produkuje się balony chodzi się tam boso, a stoły mają ponad pięćdziesiąt metrów długości. Wyobraź sobie zatem, że jeden telefon to stanowczo za mało na tak wielką halę, tym bardziej, że chodzenie należy ograniczyć do niezbędnego minimum. Od czegóż zatem zacząć? Należy uaktywnić wspomnianą funkcję i w tym celu wszystkie aparaty w hali należy przydzielić do jednej grupy wywołań. Bez względu na numer, który zostaje wybrany,

wszystkie aparaty zostaną pobudzone do zareagowania na wywołanie i nasz Filon podniesie słuchawkę najbliższego.

▪ połączenie oczekujące

Jest to bardzo ciekawa usługa informująca o tym, że jeszcze ktoś chce z nami rozmawiać. Podczas prowadzonej aktualnie rozmowy dostajemy informację, że ktoś do nas zadzwonił. Informacja ta, to króciutki sygnał, „pipnięcie", słyszalne u nas w słuchawce podczas prowadzenia rozmowy telefonicznej. Mając centralę cyfrową, możemy po takiej informacji skorzystać z następnej usługi, którą jest.

▪ odbieranie połączeń oczekujących

Możemy odebrać drugą rozmowę, która do nas zawitała, pomimo tego, że rozmawialiśmy z tej samej linii z innym abonentem. Po usłyszeniu w słuchawce sygnału informującego o przyjściu na nasz numer innej rozmowy, która czeka w kolejce, możemy ją odebrać prosząc o chwilę cierpliwości. Podobnie jak poprzednia tak i ta usługa wiąże się nierozerwalnie z następną, mianowicie....

▪ podtrzymanie połączenia

Znów jesteśmy w zakładzie fryzjerskim. Nasze dziewczę nadal tłumaczy Filonowi, że coś pokręcił z randką pod ulubionym jaworem, koleżanka fryzjerka umawia się z klientką na zrobienie trwałej, zajęte są zatem oba aparaty czyli szanse na dodzwonienie się do zakładu są w tych warunkach zerowe. Zaraz, zaraz, przecież mamy tu nową centralę, która dała którejś z naszych rozmawiających pań informację, że przyszła następna rozmowa. Cóż w takim razie się dzieje?

Aktualnemu rozmówcy nasza pani mówi aby chwilę zaczekał,
włącza mu muzyczkę aby się nie nudził,
rozłącza się z nim nie przerywając połączenia,
odbiera nowe wywołanie,
prosi o chwileczkę cierpliwości,
jemu też włącza muzyczkę,
rozłącza się z nim nie przerywając połączenia,
powraca do pierwszego rozmówcy,
kończy z nim rozmowę i przerywa połączenie,
powraca do podtrzymanego drugiego połączenia i kontynuuje rozmowę.

Racz zauważyć młody kolego, że działo się to na jednej linii i jednym aparacie!!!

▪ połączenie trójstronne

Do prowadzonej rozmowy można dołączyć trzeciego abonenta. Wyobraźmy sobie, że rozmawia dwóch fanów wyścigów kolarskich i kłócą się czy w czasie kiedy Ryszard Szurkowski w Barcelonie zdobywał tytuł mistrza świata i kiedy drugim był Stanisław Szozda, czy na czwartym miejscu był Duńczyk czy ktoś inny. W związku z tym, że nie mogą dojść do porozumienia dobierają tego trzeciego, który mówi, że owszem, Duńczyk był czwarty. Czwarty cały czas jechał w ucieczce, nie dawał zmian, i jako czwarty w końcu wpadł na metę. Kto był trzeci na mecie to już nie pamięta.

Usługa ta opisana jako trójstronna może być rozszerzona do większej ilości osób, ale zależy od zgody władz telekomunikacyjnych.

▪ telekonferencja

Usługa bardzo podobna do opisanej powyżej, różni się możliwościami dołączenia abonenta np. z innego miasta lub państwa. Można sobie wyobrazić rachunki telefoniczne w przypadku połączeń międzynarodowych, podczas gdy każdy z rozmówców ma sporo do powiedzenia i kiedy nie zgadza się z innymi członkami telekonferencji.

▪ książka telefoniczna

Abonent cyfrowej centrali telefonicznej, może mieć dostęp do elektronicznej książki telefonicznej przechowywanej w centrali. Na alfanumerycznym wyświetlaczu swojego nowoczesnego aparatu abonent może odczytywać potrzebne dane. Niezależnie od książki w centrali, aparat może mieć własną książkę telefoniczną i w zależności od potrzeb korzystać z obu. Wpisu do książki telefonicznej abonent dokonuje przy pomocy wcześniej opisanych literek na klawiaturze aparatów telefonicznych.

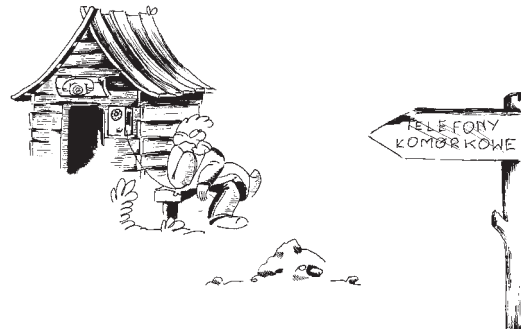
▪ skrócone wybieranie

Korzystając w książki telefonicznej możemy cieszyć się funkcją skróconego wybierania. Nie musimy już ręcznie wybierać szeregu cyferek, numer telefonu mamy już w naszej elektronicznej książce telefonicznej, wystarczy tylko wskazać, który nas interesuje a centrala nas połączy.

▪ wyświetlenie numeru wywołującego

Możemy na wyświetlaczu własnego aparatu zaobserwować numer abonenta, który do nas dzwoni zanim jeszcze podniesiemy słuchawkę.

Powróćmy do naszych bohaterów z zakładu fryzjerskiego. Pamiętamy, że Filon dzwonił do swojej dziewczyny na jej numer domowy. Korzystał z aparatu



cyfrowego czyli tzw. „komórki", której numer jest dobrze znany naszemu dziewczęciu. Kiedy więc nasze dziewczę uruchomiło usługę „Przenoszenie wywołań", to w chwili kiedy na numer aparatu telefonicznego znajdującego się w zakładzie fryzjerskim przyszło wywołanie z aparatu Filona, na wyświetlaczu pojawił się numer jego „komórki" i nasza bohaterka mogła odebrać to wywołanie nie denerwując się, że to klientka do jej przyjaciółki.

▪ blokada wyświetlania numeru wywołującego

Możemy na wyświetlaczu własnego aparatu nie zobaczyć numeru abonenta, który do nas dzwoni. To oznacza, że albo dzwoni do nas ktoś podłączony do starej centrali (która nie wysyła takich informacji), albo chytrus, który do nas dzwoni, zażyczył sobie, by nie przekazywano jego numeru. Ale na takiego chytrusa też mamy sposób: możemy na wszelki wypadek nie odbierać takich telefonów.

▪ identyfikacja złośliwych połączeń

Użytkownicy telefonów mogą spotkać się z dowcipem niskiego lotu, polegającym na „głuchych" telefonach bądź na niewybrednym komentarzu kiedy podniosą słuchawkę. Teraz, przy centralach cyfrowych, numer ten nie przejdzie gdyż możliwe jest zidentyfikowanie „żartownisia". Może to się odbywać przy pomocy wcześniej omówionych funkcji a więc skorzystamy z wyświetlenia numeru wywołującego, lub znów zatrudnimy naszego przyjaciela – operatora sieci, który bezbłędnie namierzy dowcipnisia.

To jest tylko jak na razie część usług, które ożywiają korzystanie z cyfrowej centrali telefonicznej i mam nadzieję, że Cię jeszcze nie zanudziłem. Na część następną zapraszam za miesiąc.

Arkadiusz Bartold

SKRZYNKA PORAD

W TEJ RUBRYCE PRZEDSTAWIANE SĄ KRÓTKIE ODPOWIEDZI NA PYTANIA NADSYŁANE DO REDAKCJI. SĄ TO SPRAWY, KTÓRE NASZYM ZDANIEM ZAINTERESUJĄ SZERSZE GRONO CZYTELNIKÓW. JEDNOCZEŚNIE INFORMUJEMY, ŻE REDAKCJA NIE JEST W STANIE ODPOWIEDZIEĆ NA WSZYSTKIE NADSYŁANE PYTANIA, DOTYCZĄCE RÓŻNYCH DROBNYCH SZCZEGÓŁÓW.

Dlaczego do oznaczenia kostki CMOS raz używacie 40106, a raz 4016? Czy to jakaś różnica?
Młodemu Czytelnikowi odpowiadamy: układ o oznaczeniu 40106 zawiera sześć inwerterów z wejściem Schmitta. Natomiast kostka 4016 to **zupełnie inny** układ, który zawiera cztery klucze analogowe. Obecnie praktycznie nie używa się układu 4016, tylko poprawioną wersję o oznaczeniu 4066, mającą dokładnie taki sam układ wyprowadzeń, co 4016.

Jaki wzmacniacz zastosować do wzmocnienia sygnału z układu cyfrowego zapisu dźwięku z układem scalonym ISD?
Układy ISD przeznaczone są do bezpośredniego sterowania niewielkiego głośnika o oporności 16Ω. Z powodzeniem mogą współpracować z głośnikiem 8–omowym. Służą do tego dwa wyjścia oznaczone SP (nóżki 14 i 15).
Przy stosowaniu dodatkowego, zewnętrznego wzmacniacza należy uwzględnić fakt, że w chwili rozpoczęcia odczytu na obu końcówkach wyjściowych, które w spoczynku miały potencjał masy, pojawia się napięcie stałe o wartości równej połowie napięcia zasilania. Przebiegi akustyczne występują potem na tle tego napięcia stałego. Wspomniany skok napięcia na wyjściach nie jest słyszalny w głośniku połączonym bezpośrednio do obu końcówek wyjściowych, bo występuje on jednocześnie na obu wyjściach. Skok ten jest słyszalny w postaci nieprzyjemnego stuku, jeśli dodatkowy wzmacniacz połączony jest tylko do jednej końcówki wyjściowej. Aby uniknąć takiego stuku, między układem ISD, a wzmacniaczem mocy koniecznie należy zastosować wzmacniacz różnicowy i jego dwa wejścia dołączyć do obu wyjść układu ISD. Układ wzmacniacza różnicowego był opisany w EdW 8/97 jako „Moduł z wejściem symetrycznym". Moduł ten może być zastosowany po drobnych przeróbkach (zwarcie rezystorów R13...R16, zastąpienie D1 i D1 rezystorami 2,2...22kΩ) i koniecznie z układem LM358, a nie TL072.

Czy dioda AA113 to to samo, co BB113?
Zdecydowanie nie! W przypadku europejskich elementów półprzewodnikowych pierwsza litera wskazuje materiał, z którego wykonano element. A oznacza german, B – krzem, C – najczęściej arsenek galu i podobne (elementy bardzo wysokiej częstotliwości i diody LED), R – inny materiał (np. siarczek kadmu CdS, stosowany w fotorezystorach).
Druga litera wskazuje na rodzaj elementu.
A – diody przełączające, detekcyjne, itp. małej mocy, B – diody o zmiennej pojemności (warikapy), C – tranzystory małej mocy i małej częstotliwości, D – tranzystory dużej mocy małej częstotliwości, F – tranzystory małej mocy dużej częstotliwości, L – tranzystory dużej mocy dużej częstotliwości, N – transoptory, P – elementy czułe na światło, Q – elementy emitujące promieniowanie, R – tyrystory małej mocy, S – tranzystory impulsowe małej mocy, T – tyrystory mocy, U – tranzystory impulsowe dużej mocy, Y – diody prostownicze, Z – diody Zenera.
Ewentualna trzecia litera nie niesie szczególnych informacji.
Numer elementu nie zawiera żadnych zakodowanych danych (typu napięcie pracy, prąd, itp.) – dane techniczne trzeba odszukać w katalogu.

Nadal nie rozumiem, dlaczego nie jest konieczne stosowanie napięcia stabilizowanego do zasilania wzmacniaczy mocy.
Odpowiedź jest bardzo prosta. Problem jedynie w tym, by tętnienia napięcia zasilającego nie były słyszalne w głośnikach.
Źle zaprojektowany, amatorski wzmacniacz na tranzystorach być może będzie wymagał zasilacza stabilizowanego, bo w przeciwnym wypadku, przy już przy niewielkim wysterowaniu w głośnikach będzie słychać przydźwięk sieci (100Hz).
Współczesne wzmacniacze scalone większej mocy, przeznaczone do sprzętu stacjonarnego (zasilanego zwykle napięciem symetrycznym) są starannie zaprojektowane także pod względem odporności na tętnienia napięcia zasilającego. W katalogach podaje się parametr zwany współczynnikiem tłumienia tętnień (oznaczany zwykle PSRR). Jego wartość wynosi zwykle powyżej 70 decybeli, co daje ponad 3000 razy. Mówiąc najprościej, jeśli nawet tętnienia napięcia zasilającego będą mieć wartość kilku woltów, to na głośniku tętnienia te wyniosą jedynie kilka miliwoltów.
Dodatkowo występuje tu korzystne zjawisko: w stanie spoczynku pobór prądu jest bardzo mały i tętnień praktycznie nie ma. Tętnienia są tym większe, czym większy jest pobór prądu (większa głośność). Niewielkie tętnienia, jakie pojawią się na wyjściu wzmacniacza pracującego pełną mocą (i w głośniku), pozostaną niezauważone, bo będą całkowicie zagłuszone przez duży sygnał użyteczny.
Obecnie w sprzęcie stacjonarnym, zasilanym z sieci przez transformator, do zasilania wzmacniacza nie stosuje się stabilizatorów i to nawet w sprzęcie wyższej klasy.
Jeśli ktoś koniecznie chce, może oczywiście stosować stabilizator, ale oprócz zwiększenia kosztów, nie przynosi to żadnych istotnych korzyści.
W praktyce dość często zdarza się, że napięcie zasilające uzyskiwane na kondensatorach filtrujących zasilacza niestabilizowanego jest większe, niż dopuszczalne napięcie zasilania użytych kostek wzmacniaczy mocy. Początkujący i zupełnie niedoświadczeni amatorzy chcą wtedy stosować stabilizator, by zmniejszyć to napięcie do wartości bezpiecznej dla układu scalonego. Zapominają jednak, że wzmacniacz o mocy kilkudziesięciu watów w szczycie wysterowania pobiera prąd o wartości kilku amperów. W roli stabilizatora nie mogą więc być zastosowane popularne i tanie kostki LM317 lub coś z rodziny 78XX. Musiałyby to być stabilizatory o znacznie większym prądzie, rzędu 5 amperów lub więcej. Scalone stabilizatory o takich parametrach są bardzo drogie, a budowa z elementów dyskretnych też jest kosztowna i zwykle nie gwarantuje dobrych parametrów.
W rzadkich przypadkach, ale jedynie przy stosowaniu stosunkowo „miękkich" transformatorów ze zwykłym rdzeniem EI, dla obniżenia napięcia do bezpiecznej wartości, sensowne może być zastosowanie stabilizatora **równoległego**. Wadą są znaczne straty mocy w spoczynku, a zaletą wykorzystanie podczas pracy całej dostępnej mocy transformatora (tranzystor mocy takiego stabilizatora może być umieszczony na radiatorze wzmacniacza mocy). Stosowanie stabilizatora równoległego można polecić w rzadkich przypadkach i to jedynie doświadczonym elektronikom, którzy potrafią ocenić, czy metoda ta ma sens dla konkretnego stabilizatora i układu scalonego, a potem wykonać stosowny stabilizator.
Najlepszym i najprostszym rozwiązaniem jest zakup transformatora o odpowiednim napięciu (najlepiej toroidalnego). Wtedy naprawdę nie trzeba stosować żadnych stabilizatorów.

Po co stosuje się transformatorki mikrofonowe?
Powody są dwa. Generalnie w aparaturze profesjonalnej wysokiej klasy bardzo często stosuje się małe transformatorki nie tylko na wejściach mikrofonowych mikserów, ale też na innych wejściach i wyjściach. Takie wejścia i wyjścia z reguły są symetryczne, to znaczy żadna z dwóch końcówek nie jest połączona z masą.
Zadaniem transformatorków jest pełne oddzielenie galwaniczne współpracujących urządzeń, co redukuje do minimum możliwość zakłóceń związanych z przepływem prądów wyrównawczych w obwodach masy oraz indukowaniem wszelkiego rodzaju „śmieci" pod wpływem pól elektromagnetycznych.
Drugi ważny powód stosowania transformatorków mikrofonowych to możliwość zmniejszenia poziomu szumów – wszechobecnych szumów cieplnych, a nie szumów wynikających z jakichś zewnętrznych zakłóceń. Jest to możliwe przy stosowaniu transformatorów podwyższających kilku– lub kilkunastokrotnie sygnał mikrofonu.
Dogłębne zrozumienie zagadnienia zmniejszania szumów w taki sposób, wymaga dużej wiedzy teoretycznej. Ogólnie biorąc, zmniejszenie szumów jest związane z transformacją rezystancji mikrofonu, dzięki czemu przedwzmacniacz mikrofonowy „widzi" mikrofon jako źródło o dużym sygnale wejściowym i dużej rezystancji. W takim wypadku wymagania na poziom szumów własnych przedwzmacniacza nie są zbyt ostre. Wystarczy zastosować przedwzmacniacz o małym poziomie tak zwanych szumów prądowych (poziom szumów napięciowych nie jest krytyczny). W sumie zagadnienie to jest jednak dość trudne i początkujący raczej nie powinni przeprowadzać eksperymentów na wyczucie, bez zrozumienia istoty sprawy.
Początkującym wystarczy informacja, że uzwojenia wtórnego transformatorka podwyższającego poziom sygnału mikrofonowego nie można podłączać do typowego wejścia mikrofonowego miksera. Takie wejścia mikrofonowe mają zazwyczaj rezystancje wejściową 1...4,7kΩ. Uzwojenie wtórne transformatorka podwyższającego należy podłączać do wejścia, które ma rezystancję minimum 20kΩ, a jeszcze lepiej 47...100kΩ.
Uwaga ta dotyczy także krajowych kabli mikrofonowych z transformatorem, produkcji zakładu Tonsil.

Czy dioda AA113 to to samo, co BB113? – c.d.
Ewentualna litera lub litery na końcu oznaczenia mogą nieść istotne informacje. Litera R na końcu wskazuje na odwrotne podłączenie wyprowadzeń (Reverse). Litery A, B, C mogą wskazywać tolerancję napięcia diod Zenera, grupę wzmocnienia prądowego w tranzystorach małej mocy, a niekiedy napięcie pracy w tranzystorach dużej mocy. Nie jest to ściśle określone i szczegółów trzeba szukać w katalogach.

POCZTA POCZTA POCZTA POCZTA

W rubryce „Poczta” zamieszczamy fragmenty Waszych listów oraz nasze odpowiedzi na pytania i propozycje. Elektronika dla Wszystkich to nasze wspólne pismo i przez tę rubrykę chcemy zapewnić jak najbardziej żywy kontakt redakcji z Czytelnikami. Prosimy o listy z oczekiwaniami w stosunku do nas, z propozycjami tematów do opracowania, ze swoimi problemami i pytaniami. Postaramy się w miarę możliwości spełnić Wasze oczekiwania.

Specjalną częścią „Poczty” jest kącik tropicieli chochlika drukarskiego „Errare humanum est”. Wśród Czytelników, którzy nadeślą przykłady błędów, będą co miesiąc losowane nagrody w postaci kitów z serii AVT-2000.

Piszcie więc do nas, bardzo cenimy wasze listy, choć nie na wszystkie możemy szczegółowo odpowiedzieć.

Jest to nasza wspólna rubryka, dlatego będziemy się do Was zwracać po imieniu, bez względu na wiek.

Pozdrawiamy: Lucjana Zielińskiego ze Szczecina, Ryszarda Czyrka z Oporzyna, Waldemara Śniosa z Gałdowa i tych wszystkich Czytelników, którzy nadesłali nam pozdrowienia i życzenia. Dziękujemy też za wszystkie pozdrowienia i miłe słowa, które dotarły wraz z licznie napływającymi ankietami.

Uwagi do rubryki *Errare humanum est* dotyczące numeru listopadowego przysłali: **Jarosław Dziura** z Katowic, **Marcin Wiązania** z Gacek, **Arkadiusz Champel** z Tokarni i **Mariusz Bernat** ze Swarzędza.

Nagrody – katalogi układów logicznych Motoroli otrzymują **Jarosław Dziura** i **Arkadiusz Champel**.

- Z przykrością informujemy, że nie jesteśmy w stanie spełnić licznych próśb tegorocznych maturzystów. Wciąż docierają do nas listy od osób, które wykonują pracę dyplomową i proszą o przysłanie różnorodnych materiałów informacyjnych. Prośby dotyczą różnych dziedzin elektroniki. Ktoś, kto do nas pisze, myśli sobie, że tylko on jeden wpadł na taki prosty pomysł zdobycia interesujących materiałów. Niestety, takich próśb jest dużo i Redakcja nie może spełnić indywidualnych oczekiwań w tym zakresie. Możemy za to przedstawić w EdW artykuły i projekty, które byłyby wam przydatne.
- Już po opublikowaniu artykułu „Humor i dowcip w elektronice” będącego plonem konkursu, nadeszło kilka następnych listów z dowcipami i wesołymi rysunkami dotyczącymi elektroniki. Zachęcamy do nadsyłania dalszych takich listów – gdy zbierze się odpowiednia ilość sensownego materiału, przedstawimy suplement do konkursu.
- Jak zauważyliście, rubryka Drobne rady MacGyvera znikła z łamów EdW. Prozaiczną przyczyną jest brak sensownych pomysłów z Waszej strony. Jeśli macie coś w zanadrzu, przyślijcie swoją fotografię, opis i ewentualnie model, rysunki lub zdjęcia. (Przy okazji: na razie materiałów takich nie radzimy przysyłać pocztą elektroniczną, tylko klasyczna, bo zbyt często zdarzają się trudności. Gdy nasza własna redakcyjna skrzynka e-mailowa potwierdzi swą przydatność, poprosimy o przysyłanie materiałów do skrzynki.)
- Interesujący list nadesłał nam anonimowy Czytelnik, podpisujący się grecką literą delta. Anonimu dla zasady nie opublikujemy, ale tą drogą zwracamy się do autora z podziękowaniem za uwagi odnośnie EdW oraz pewnych ogólnych trendów w elektronice. A swoją drogą, styl listu wskazuje, że jego Autor byłby w stanie napisać niejeden ciekawy felieton, który moglibyśmy zamieścić w EdW. Może zechcesz spróbować, Anonimie?
- Czytelników, którzy z niecierpliwością czekają na zamieszczenie w Listach od Piotra przykładów obliczeń cewek do przetwornic (i nie tylko do przetwornic), zapewniamy, że niedługo zapoznają się ze stosownym materiałem. Przy okazji Red. Piotr Górecki pozdrawia **Wiktora Błacha** z Jeleniej Góry i dziękuje za ciekawy list.

Ciekawy i miły dla nas list nadesłał wraz z ankietą 28-letni **Marek Łukawski** z Kielc. Na koniec listu napisał: *(...) Chcę podziękować Redakcji za wprowadzenie nowego działu – Magazynu Elektroniki Użytkowej, który daje mi możliwość przeglądu najnowszych osiągnięć w dziedzinie sprzętu powszechnego użytku.*

MOTOROLA

Cenne katalogi układów cyfrowych: otrzymują

Jarosław Dziura z Katowic
Arkadiusz Champel z Tokarni

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

W ostatnim czasie otrzymaliśmy niewielką ilość katalogów w postaci CD-ROMów od krajowego przedstawiciela firmy SGS-THOMSON.

Jeden mały krążek zawiera praktycznie wszystkie drukowane katalogi firmy, czyli jest odpowiednikiem biblioteki składającej się z kilkunastu kilogramów papieru.

Te cenne katalogi otrzymują Czytelnicy, którzy w szczególny sposób wyróżnili się w kontaktach z Redakcją Elektroniki dla Wszystkich. W tym miesiącu są to:

Marcin Wiązania z Gacek
Patryk Sielski z Sopotu
Sławomir Osoba z Imielina
Grzegorz Bednarz z Cięciny

Kupon na bezpłatne ogłoszenie w rubryce „Skrzynka Kontaktowa”

Jestem zainteresowany nawiązaniem kontaktów oraz wymianą doświadczeń z osobami interesującymi się elektroniką. Proszę o zamieszczenie moich danych w rubryce „Skrzynka Kontaktowa” w czasopiśmie *Elektronika dla Wszystkich*.

imię | | | | | | | | | | | nazwisko | | | | | | | | | | | | | | | | | |
(*wypełniać pismem drukowanym*)

ulica (wieś)\numer | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

kod i poczta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

własnoręczny podpis .....

pozostałe dane na odwrocie formularza

Także **Roman Sendela** z Zawiercia wyraził podobną opinię: *Witam i pozdrawiam! (...) Od początku było dla mnie jasne, że elektronika w sprzęcie Hi-Fi jest jednym z trudniejszych zagadnień. Zrozumiałem, że najczęściej lepiej jest kupić sprzęt firmowy, a nie robić go samemu, bo często okazuje się, iż sprzęt kupny jest tańszy od robionego i parametry są lepsze.*

Bardzo mi się podoba nowy magazyn MEU i czytam go jako pierwszy po otrzymaniu nowego numeru EdW. Informacje są przekazywane w sposób jasny i rzeczowy, a to drugie jest dla mnie szczególnie ważne.

Wiem, że MEU jest nowym działem i nie wszystko zostało powiedziane. (...)

Dalej Roman pisze, co chciałby zobaczyć w nowym dziale i przedstawia pomysły na rozszerzenie zawartości MEU. Wszystkie te propozycje starannie rozpatrzymy.

Listy w sprawie MEU nadesłały także inne osoby. Tylko jednej (wspomnianemu anonimowi) zupełnie się on nie podoba – pozostali cieszą się z tego nowego działu. MEU jest w tej chwili w fazie kształtowania swego oblicza. Chcielibyśmy zawsze zachować równowagę między elektroniką „drucikową" a opisami urządzeń fabrycznych. Nadal będziemy cenić Wasze opinie na ten temat. A Roman Sendela za swoje uwagi otrzyma od Redakcji drobny upominek

Jeden z bardziej aktywnych czytelników EdW, **Patryk Sielski** z Sopotu napisał: *Bardzo dziękuję za moduł Peltiera! Był to prawdziwy gwiazdkowy prezent! Już zamroziłem parę mililitrów wody i kombinuję projekt jachtowej minilodówki. Poza tym projektów u mnie dostatek. (...)*

Jestem bardzo zajęty (tu następuje lista zajęć szkolnych)

W przyszłości, (tzn. po maturze i egzaminach na Politechnikę Gdańską lub Warszawską) chciałbym współpracować z Waszą Redakcją. Moja wymarzona praca to praca projektanta konstruującego w domowym zaciszu. Sądzę, że ilość pomysłów starczy mi na kilka lat.

Patryk poruszył bardzo ciekawą sprawę. Redakcja EdW jest otwarta na współpracę z konstruktorami zawodowymi i zaawansowanymi hobbystami. Każdy, kto samodzielnie zaprojektował i zrealizował jakiś układ elektroniczny, może (i powinen) zawiadomić o tym Redakcję. Zarówno Patryk, jak i inni mają szansę stać się stałymi współpracownikami EdW, a w przyszłości może nawet redaktorami. Oczywiście do tego potrzebne będzie doświadczenie konstruktorskie, które można zdobyć jedynie poprzez praktykę. Zachęcamy więc do samodzielnych prób oraz informowania Redakcji o swych sukcesach. Niektóre projekty mogą zostać przedstawione w Forum Czytelników, inne mogą trafić do projektów E-2000.

Jarosław Ciećka z Wielunia napisał między innymi: *Jestem początkującym elektronikiem hobbystą, kupuję EdW od niedawna. Chciałbym wyrazić swój podziw co do artykułu „Mój pierwszy wzmacniacz". Uważam, że to był strzał w dziesiątkę. W żadnym innym czasopiśmie o elektronice nie ma publikacji dla osób, które dopiero zapoznają się z elektroniką. Większość publikacji to dla mniej zaawansowanych czarna magia, co zniechęca do zajmowania się tą ciekawą dziedziną. (...) Łatwo popełnić kluczowy błąd. Osoba, która buduje swój pierwszy układ, a ten nie działa, czuje się zawiedziona i rezygnuje z elektroniki. Bardzo szybko czuje do tego niechęć.*

Myślę, że podstawą elektroniki jest dawanie satysfakcji. Dlatego w EdW powinny być opisywane układy dla osób o różnym stopniu zaawansowania, także tych początkujących. Ponadto brakuje przystępnych publikacji dla tych najsłabszych i należałoby tę lukę wypełniać artykułami w stylu „Mój pierwszy wzmacniacz".

Proponuję otworzenie działu EdW, w którym byłyby przedstawiane takie publikacje.

Dziękujemy za miłe słowa! W trosce o mniej zaawansowanych Czytelników rozpoczęliśmy cykl dotyczących tranzystorów, a ponadto w każdym numerze można znaleźć projekty oznaczone jedną gwiazdką. Jedna gwiazdka wskazuje, że z układem powinni sobie poradzić także początkujący hobbyści. Dwie lub trzy gwiazdki wskazują, że projekt przeznaczony jest dla bardziej doświadczonych elektroników, mających dostęp do aparatury pomiarowej.

Niestrudzony **Adam Sieńko** z Suwałk nadesłał ciekawy pomysł realizacji sterowania linijki świetlnej LED z trybie punktowym i słupkowym za pomocą wzmacniaczy operacyjnych. Pomysł jest interesujący, ale jak sam Autor zauważa – dość rozbudowany. Choć uważamy, że jest to wyważanie otwartych drzwi (mimo wszystko prościej jest zakupić kostkę LM3914...16, choćby wysyłkowo w AVT), Adam otrzyma upominek i kolejną zachętę do praktycznej realizacji swoich pomysłów.

Adam nadesłał także inny list, którego drobne fragmenty cytujemy: *Na początek chciałbym podziękować za katalog Motoroli Master Selection Guide. (...) Problem tylko w tym, że większość opisanych tam półprzewodników jest tutaj, na prowincji, bardzo trudna albo niemożliwa do zdobycia. (...)*

Proszę zamieścić w EdW informację, które metalowe obudowy oferowane przez AVT mają otwory wentylacyjne. W niektórych konstrukcjach mogą one być niemile widziane, dlatego przykro byłoby zamówić niewłaściwą obudowę.

Czy firma AVT mogłaby zwiększyć ilość katalogów i aplikacji sprzedawanych razem z kostkami?

Dwa ostatnie życzenia skonsultujemy z działem handlowym AVT.

Marcin Żuchowski ze Zgierza pisze między innymi: *(...) List ten związany jest z podwyżką ceny nie gazety, lecz kitów, a dokładnie jednego. Od dawna obserwuję cenę Pipka Dręczyciela. Do tej pory cena była, myślę w sam raz. Ale kiedy otworzyłem EdW 11/97 i ujrzałem cenę 12 zł, nie mogłem uwierzyć. Co jest przyczyną wzrostu? (...) Sam wykonałem „Pipka" z własnych elementów, za które zapłaciłem około 6,50zł, to jest prawie połowę.*

Redakcja Elektroniki dla Wszystkich nie ma wpływu na ceny kitów naszych projektów. Na wysokość cen składa się wiele czynników (pensje pracowników produkcyjnych, magazynierów, zaopatrzeniowców, ubezpieczenia, koszty produkcji, magazynowania i dystrybucji, podatki, itp.), i bez wątpienia cena zestawu jest i musi być znacznie większa, niż cena elementów składowych. Jest oczywiste, że zapobiegliwy hobbysta, gromadzący od lat podzespoły, jest w stanie wykonać układ z elementów, które częstokroć kupił po okazyjnych cenach. Ale innemu hobbyście, który musiałby mozolić się nad ręcznym wykonaniem płytki i poszukiwać w odległym mieście kluczowych podzespołów, opłaci się kupić gotowy zestaw.

wiek | | | lat

elektroniką zajmuję się od | | | lat

zainteresowania (np. audio, cyfrówka, mikroprocesor (jaki), naprawa sprzętu RTV, elektronika motoryzacyjna itp.):